Braunschweigische
Wissenschaftliche Gesellschaft

Jahrbuch 1996

VERLAG ERICH GOLTZE GMBH & CO. KG · GÖTTINGEN

1997

Braunschweigische
Wissenschaftliche Gesellschaft

Jahrbuch 1996

VERLAG ERICH GOLTZE GMBH & CO. KG · GÖTTINGEN
1997

Das vorliegende Jahrbuch ist beim Verlag und beim Buchhandel erhältlich.
Preis DM 20,–

Gedruckt mit Hilfe von Forschungsmitteln
des Landes Niedersachsen

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft
Fallersleber-Tor-Wall 16 · 38100 Braunschweig
Postfach 3329 · 38023 Braunschweig
Telefon (0531) 14466 · Fax (0531) 14460

Für die Redaktion verantwortlich:
Der Generalsekretär der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

ISSN 0931-1734
ISBN 3-88452-242-6

Gesamtherstellung: Goltze-Druck, 37079 Göttingen

Printed in Germany

INHALTSVERZEICHNIS

KLASSENSITZUNGEN

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Klasse für Ingenieurwissenschaften

Klasse für Geisteswissenschaften

COLLOQUIUM

FEIERLICHE JAHRESVERSAMMLUNG am 14. Juni 1996

Öffentliche wissenschaftliche Vorträge

Festversammlung im Altstadtrathaus

MITTEILUNGEN

PERSONALIA

ALLGEMEINES UND HISTORISCHES

Zur Geschichte der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Im Jahre 1943 führten die Initiativen einiger Professoren der Braunschweiger Technischen Hochschule Carolo Wilhelmina zur Errichtung der „Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft“. Sie wurde nach Genehmigung der vorgelegten Satzung durch den damals zuständigen Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung am 9. Dezember 1943 in einer feierlichen Sitzung konstituiert. Das zu diesem Anlaß von dem ersten Vorsitzenden des Senats der neuen Gesellschaft, Prof. Dr.-Ing. Ernst Schmidt, erstattete Referat gibt Auskunft über die Motive dieser Gründung. Maßgebend war der Wunsch nach Überwindung eines allzu engen wissenschaftlichen Spezialistentums und einer einseitigen Orientierung der Forschung auf rasche Verwertbarkeit ihrer Ergebnisse. Dies wird in der ersten Satzung der Gesellschaft deutlich. In deren § 1 bestimmt sie: „insbesondere soll sie über die fachlichen Grenzen hinaus die Bearbeitung von Gemeinschaftsaufgaben übernehmen und dazu beitragen, innere Beziehungen zwischen allen Wissens- und Lebensgebieten herzustellen“. Organisatorisch war die Neugründung als selbständige wissenschaftliche Gesellschaft mit eigenen Organen (Kuratorium, Senat, Fachbereiche) angelegt. Der jeweilige Rektor der Technischen Hochschule Braunschweig war jedoch ex officio zum Präsidenten der Gesellschaft bestimmt, was hauptsächlich auf eine administrative Vereinfachung abzielte.

Bis Ende 1944 wurde die Gesellschaft durch Berufung von Mitgliedern aus verschiedenen Fachgebieten personell ausgebaut. Besondere Aktivitäten konnte sie in den letzten Monaten des zweiten Weltkrieges nicht mehr entfalten. Sie bestand auch nach dem Kriege unter einem kommissarischen Präsidenten unverändert fort. Jedoch wurden Maßnahmen eingeleitet, um die Gesellschaft uneingeschränkt zu verselbständigen, wobei die Organisationsform einer Akademie der Wissenschaften angestrebt wurde. Sie war im Kern durch Selbstergänzung und begrenzte Platzzahl der Mitglieder sowie durch Gliederung in Fachbereiche bereits vorhanden.

Vor allem wurde die Gesellschaft nun auch mit ihrem Plenum und ihren Abteilungen – seit 1950 Klassen – wissenschaftlich aktiv. In beiden Bereichen wurden wissenschaftliche Vorträge und Diskussionen durchgeführt. Initiiert von Prof. Dr. phil. Eduard Justi erschien 1949 der erste Band der als Publikationsorgan eingerichteten „Abhandlungen“. Im gleichen Jahre verlieh die Gesellschaft erstmalig die kurz zuvor gestiftete Carl-Friedrich-Gauß-Medaille. 1953 erhielt die Gesellschaft schließlich den Status einer Körperschaft des öffentlichen Rechts. Mit dem Errichtungserlaß des Niedersächsischen Landesministeriums wurde ihr zugleich eine neue Satzung gegeben, in der freilich Teile der ehemaligen Satzung erhalten geblieben waren. 1971 erhielt die Gesellschaft eine in einigen Bereichen veränderte und schließlich 1993 ihre heute gültige Satzung, die sie im Geiste einer Akademie der Wissenschaften mit deutlich technischem Schwerpunkt auszufüllen bestrebt ist. In diesem Rahmen finden laufend wissenschaftliche Plenar- und Klassensitzungen statt. Zur Durchführung langfristiger Forschungsvorhaben hat die BWG eine Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte, eine Kommission für Umwelt und Technik und eine Kommission für Recht und Technik eingesetzt. Von den jährlich erscheinenden „Abhandlungen" sind bisher 47 Bände und in der Schriftenreihe der Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte 7 Bände publiziert worden. Initiiert von Prof. Dr. techn. Karl Heinrich Olsen, veröffentlicht die BWG seit 1983 Jahrbücher, die insbesondere über Vortragsveranstaltungen, Kommissionstätigkeiten und Personalia berichten.

Die Organe der BWG 1943–1996

Konstituierende Sitzung:	30. 11. 1943	
Eröffnungssitzung:	09. 12. 1943	[siehe Abhandlungen der BWG **21** (1969), 8]
Erste Satzung :	1944	[siehe Abhandlungen der BWG **1** (1949), 169]
Zweite Satzung:	1953	[siehe Abhandlungen der BWG **5** (1953), 212]
Dritte Satzung:	1971	[siehe Abhandlungen der BWG **22** (1970), 291]
Vierte Satzung:	1993	[siehe Jahrbuch der BWG **1993**, 44]

PRÄSIDENTEN

1943–45: Fritz Gerstenberg, 1946–48: Gustav Gassner, 1949–50: Hans Herloff Inhoffen, 1951–53: Eduard Justi, 1954–56: Leo Pungs, 1957–59: Max Kohler, 1960–62: Hans Kroepelin, 1963–66: Paul Koeßler, 1967–70: Hermann Blenk, 1971–77: Karl Gerke, 1978–80: Herbert Wilhelm, 1981–86: Karl Hermann Olsen, 1987–92: Gerhard Oberbeck, 1993–1995: Werner Leonhard, seit 1996 Norbert Kamp

GENERALSEKRETÄRE

1943–45: Ernst August Roloff, 1946–48: Wilhelm Gehlhoff, 1949–50: Eduard Justi, 1951–53: Hermann Schlichting, 1954–1959: Hans Herloff Inhoffen, 1960–61: Hellmut Bodemüller, 1962–64: Hans Joachim Bogen, 1965–69: Hermann Schaefer, 1970–71: Karl Gerke, 1972–73: Arnold Beuermann, 1974–80: Karl Hermann Olsen, 1981–82: Ulrich Wannagat, 1983–85: Hans Joachim Kanold, 1986–88: Egon Richter, 1989–91: Harmen Thies, 1992–94: Ulrich Wannagat, seit 1995: Helmut Braß

VORSITZENDE DER KLASSEN

BIS 1954 SEKRETÄRE DER ABTEILUNGEN

Mathematik und Naturwissenschaften

1943–47: G. Cario, 1948–50: P. Dorn, 1951–53: H. H. Inhoffen, 1954–57: P. Dorn, 1958–60: H. Kroepelin, 1961: H. Poser, 1962–64: H. Hartmann, 1965–66: H. Schumann, 1967–72: M. Grützmacher, 1973–76: U. Wannagat, 1977–80: H. R. Müller, 1981–84: E. Richter, 1985–89: O. Rosenbach, 1990–91: St. Schottlaender, 1992–94: H. J. Kowalsky, seit 1995: H. Tietz

Ingenieurwissenschaften

1943–48: E. Marx, 1949–53, L. Pungs, 1954–56: O. Flachsbart, 1957–60: W. Hofmann, 1961–64: H. Hausen, 1965–70: G. Wassermann, 1971–77: H. W. Hennicke, 1978–79: Th. Rummel, 1980– 83: M. Mitschke, 1984–93: R. Jeschar, seit 1994: H.-G. Unger

Bauwissenschaften

1943–48: ?, 1949–53: Th. Kristen, 1954–62: F. Zimmermann, 1963–67: A. Pflüger, 1968–69: J. Göderitz, 1970–73: W. Wortmann, 1974: K. H. Olsen, 1975–78: H. Duddeck, 1979 – 83: W. Höpcke, 1984–93: J. Herrenberger (seit 1994: vereinigt mit der Klasse für Ingenieurwissenschaften)

Geisteswissenschaften

1943–48: W. Jesse, 1949–53: W. Gehlhoff, 1954–57 (Obmann): W. Jesse, 1958–61 (Obmann): H. Glockner, 1962–68 (Obmann): H. Heffter, 1969–78: A. Beuermann, 1979–87: M. Gosebruch, 1988–89: H. Boeder, 1990–91: G. Maurach, seit 1992: C.-A. Scheier

Satzung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

(In Kraft seit 6.4.1993)

§ 1

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hat durch eigene Tätigkeit und im Zusammenwirken mit anderen Gesellschaften der Wissenschaft zu dienen.

§ 2

Die Gesellschaft ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts. Ihr Sitz ist Braunschweig. Sie führt ein Dienstsiegel.

§ 3

Die Gesellschaft hat drei Klassen:

die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
die Klasse für Geisteswissenschaften.

§ 4

(1) Die Gesellschaft besteht aus ordentlichen und korrespondierenden Mitgliedern.

(2) Ordentliche Mitglieder können verdienstvolle Gelehrte werden, die ihren Wohnsitz in Niedersachsen haben. Sie sind zur regelmäßigen Teilnahme an den Sitzungen des Plenums und ihrer Klassen sowie zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeiten verpflichtet und gehalten, zu den Publikationen der Gesellschaft beizutragen. Ordentliche Mitglieder, die das 70. Lebensjahr vollendet haben, werden von den Pflichten entbunden, behalten jedoch ihre Rechte bei. Die Höchstzahl der ordentlichen Mitglieder, welche das 70. Lebensjahr noch nicht vollendet haben, beträgt:

30 für die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften,
40 für die Klasse für Ingenieurwissenschaften,
30 für die Klasse für Geisteswissenschaften.

(3) Zu korrespondierenden Mitgliedern können, ohne Rücksicht auf ihren Wohnsitz, verdienstvolle Gelehrte berufen werden, denen eine regelmäßige persönliche Teilnahme an den Sitzungen und Arbeiten der Gesellschaft nicht möglich ist. Sie können an allen Sitzungen teilnehmen, haben aber kein Stimmrecht. Die Zahl der korrespondierenden Mitglieder ist nicht beschränkt.

(4) Ordentliche Mitglieder, die ihren Verpflichtungen nicht nachzukommen vermögen, können die Überführung in den Status eines korrespondierenden Mitglieds beantragen. Von ordentlichen Mitgliedern, die ohne gerechtfertigten Grund vier aufeinanderfolgenden Sitzungen des Plenums oder ihrer Klasse ferngeblieben sind, muß angenommen werden, daß sie ihren Verpflichtungen nicht mehr nachzukommen vermögen. Auf Vor-

schlag ihrer Klasse kann durch den Verwaltungsausschuß die Mitgliedschaft in die eines korrespondierenden Mitglieds umgewandelt werden.

§ 5

(1) Die Mitglieder werden auf Vorschlag von mindestens drei ordentlichen Mitgliedern und nach Antrag der zuständigen Klasse durch das Plenum in geheimer Abstimmung gewählt.

(2) Auf die Mitgliedschaft kann durch schriftliche Erklärung gegenüber dem Präsidenten verzichtet werden.

(3) Ein Mitglied kann wegen ehrenrührigen Verhaltens ausgeschlossen werden. Für das Verfahren gelten die Vorschriften über die Wahl.

§ 6

(1) Im Plenum und in den Klassen berichten die Mitglieder über eigene Arbeiten und die ihrer Mitarbeiter, die ordentlichen Mitglieder auch über Arbeiten anderer. Der Vorsitzende kann zum wissenschaftlichen Teil der ordentlichen Sitzungen Gäste, die von einem ordentlichen Mitglied eingeführt sind, einladen.

(2) Das Plenum hält in jedem Jahr mindestens eine Hauptsitzung ab. Es hört und erörtert Rechenschaftsberichte. Zu den Hauptsitzungen sind auch die korrespondierenden Mitglieder einzuladen.

§ 7

Die Gesellschaft gibt die „Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft" sowie ein „Jahrbuch" heraus. Einzelheiten regelt die Druckschriftenordnung.

§ 8

Die Gesellschaft kann darüber hinaus eigene Forschungsarbeiten durchführen, Forschungsarbeiten ihrer Mitglieder oder Dritter unterstützen, wissenschaftliche Stellungnahmen abgeben und wissenschaftliche Tagungen, Symposien sowie Vorträge veranstalten. Um der Öffentlichkeit Einblick in wissenschaftliche Probleme zu geben und sie mit den Ergebnissen wissenschaftlicher Arbeit bekanntzumachen, veranstaltet die Gesellschaft auch öffentliche Vorträge. Ferner kann die Gesellschaft wissenschaftliche Schriften und Berichte herausgeben oder ihre Herausgabe unterstützen.

§ 9

Die Gesellschaft verleiht, in der Regel jährlich zum Geburtstag von Carl Friedrich Gauß am 30. April, die „Carl-Friedrich-Gauß-Medaille". Das Verfahren regeln die besonderen Bestimmungen für die Verleihung der Gauß-Medaille.

§ 10

(1) Die Leitung der Gesellschaft obliegt dem Präsidenten. Er beruft die Sitzungen des Plenums ein, stellt die Tagesordnung fest, leitet die Verhandlungen, hat bei allen mündlichen Abstimmungen für den Fall der Stimmengleichheit die entscheidende Stimme,

führt den Vorsitz in allen Ausschüssen – soweit nicht andere Regelungen getroffen sind –, unterzeichnet die Sitzungsprotokolle und sorgt für die Ausführung der Beschlüsse. Er vertritt die Gesellschaft nach außen und hat die Aufsicht über die Geschäftsführung im Benehmen mit den Klassenvorsitzenden.

(2) Der Präsident wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Stellvertretung des Präsidenten übernimmt als Vizepräsident der turnusmäßig älteste Klassenvorsitzende.

§ 11

(1) Die Leitung der Klassen obliegt den Klassenvorsitzenden; § 10 Abs. 1 Satz 2 gilt entsprechend.

(2) Die ordentlichen Mitglieder jeder Klasse wählen aus ihrem Kreis in geheimer Abstimmung den Klassenvorsitzenden so, daß jedes Jahr einer der Klassenvorsitzenden ausscheidet. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer.

(3) Die Klassenvorsitzenden betrauen mit ihrer Vertretung von Fall zu Fall ein ordentliches Mitglied der Klasse.

§ 12

(1) Dem Generalsekretär obliegen die Geschäftsführung, die Veranstaltung öffentlicher Vorträge und die Herausgabe von Veröffentlichungen der Gesellschaft.

(2) Der Generalsekretär muß seinen Wohnsitz in Braunschweig oder im näheren Umkreis von Braunschweig haben. Er wird aus dem Kreis der ordentlichen Mitglieder durch das Plenum in geheimer Abstimmung für die Amtsdauer von drei Jahren gewählt. Wiederwahl ist zulässig. Ersatzwahlen erfolgen für den Rest der Amtsdauer. In dem Jahr, in dem der Präsident neu gewählt wird, soll ein Wechsel im Amt des Generalsekretärs nicht stattfinden.

§ 13

Der Präsident, die Klassenvorsitzenden und der Generalsekretär bilden den Verwaltungsausschuß. Dieser hat die Aufgabe, über Arbeitsvorhaben und Arbeitsweise der Gesellschaft zu beschließen, den Haushaltsplan aufzustellen und über Inventar und Vermögen der Gesellschaft im Rahmen der Beschlußfassung des Plenums zu verfügen. Der Präsident kann zur Beratung des Verwaltungsausschusses Mitglieder der Gesellschaft und andere Persönlichkeiten, deren Teilnahme im Interesse der Gesellschaft liegt, hinzuziehen.

§ 14

(1) Der Haushaltsplan ist vor Beginn des Haushaltsjahres (Kalenderjahr) aufzustellen und vom Plenum zu beschließen.

(2) Überschüsse früherer Jahre verbleiben der Gesellschaft; sie sind im Haushaltsplan auszuweisen.

(3) Die Gesellschaft hat nach Ende eines jeden Haushaltsjahres eine Rechnung auf-

zustellen. Die Rechnung ist, unbeschadet einer Prüfung durch den LRH nach § 111 LHO, durch die bei der Bezirksregierung Braunschweig eingerichtete Vorprüfungsstelle zu prüfen. Die Prüfung soll sich auf die Ordnungsmäßigkeit der Rechnungslegung sowie auf die wirtschaftliche und satzungsgemäße Verwendung der Mittel erstrecken.

Das Plenum beschließt ferner über die Entlastung des Verwaltungsausschusses. Die Entlastung bedarf der Genehmigung des MWK und des MF.

§ 15

Das Plenum beschließt ferner über die Geschäftsordnung, Druckschriftenordnung, Bestimmungen über die Verleihung der Gauß-Medaille und über Änderungen dieser Satzung.

§ 16

(1) Zu Wahlen und Beschlußfassungen gemäß § 14 Abs. 1 und 3 und § 15 muß mindestens die Hälfte der Anzahl der ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren anwesend sein.

(2) Die Wahlen und die Beschlüsse über Satzungsänderungen erfordern eine Stimmenmehrheit von zwei Dritteln aller anwesenden stimmberechtigten Mitglieder. Führt bei der Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs der erste Wahlgang zu keiner Zweidrittelmehrheit, so findert sofort ein zweiter Wahlgang statt. Wird auch hierbei die Zweidrittelmehrheit nicht erzielt, so ist in einem dritten Wahlgang gewählt, wer die absolute Mehrheit erreicht. Notfalls ist eine Stichwahl durchzuführen. Bei Stimmengleichheit entscheidet das Los.

(3) Bei den übrigen Beschlußfassungen und sonstigen Abstimmungen entscheidet die einfache Mehrheit der stimmberechtigten Anwesenden.

(4) Ordentliche Mitglieder können ihr Stimmrecht durch schriftliche Vollmacht auf ein anderes ordentliches Mitglied übertragen; in diesem Fall gelten sie als anwesend.

§ 17

(1) Die Wahl des Präsidenten und des Generalsekretärs bedarf der Bestätigung durch die LReg.

(2) Der Haushaltsplan und Änderungen dieser Satzung bedürfen der Genehmigung durch die LReg.

(3) Das Ergebnis der Wahlen der ordentlichen Mitglieder und der Klassenvorsitzenden, der Ausschluß eines Mitglieds und der Verzicht eines Mitglieds auf die Mitgliedschaft sind der LReg. anzuzeigen.

Übergangsbestimmungen

Die Satzung tritt mit dem Tag der Genehmigung in Kraft. Befristet auf fünf Jahre nach dem Inkrafttreten der Satzung, können der Klasse für Ingenieurwissenschaften bis zu 45 ordentliche Mitglieder unter 70 Jahren angehören, wobei die Höchstzahl aller ordentlichen Mitglieder unter 70 Jahren in der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft auf 100 begrenzt bleibt.

PLENARVERSAMMLUNGEN

Übergabe des Präsidentenamtes am 26. Januar 1996

HANS-GEORG UNGER

Begrüßung

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Ich begrüße Sie zur ersten Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft im Jahre 1996 und heiße Sie herzlich willkommen. Es ist eine gute Tradition der BWG, daß zu dieser ersten Versammlung im Jahr in Begleitung eingeladen wird.

Mein besonderer Gruß gilt darum unseren Gästen. Ich freue mich über den Zuspruch und hoffe, meine sehr verehrten Damen, es wird auch für Sie so interessant und anregend, daß Sie es nicht bereuen, gekommen zu sein.

Es ist dies unsere Neujahrsversammlung; normalerweise findet sie nämlich schon am zweiten Freitag des Jahres statt. Wegen anderer Termine hat es dieses Mal erst am vierten Freitag geklappt, aber wenigstens noch im ersten Monat des Jahres. Darum möchte ich Ihnen auch noch alles Gute für das Jahr 1996 wünschen. Mit guten Wünschen ist es ja ähnlich wie mit guten Vorsätzen: Selbst wenn sie spät kommen, kommen sie doch nie zu spät.

In diesem Jahr sind wir zur Neujahrsveranstaltung zusammengekommen, um das Präsidentenamt zu übergeben. Sie, lieber Herr Leonhard, sind nun drei Jahre Präsident der BWG gewesen. Sie haben in dieser Zeit die Gesellschaft kompetent und souverän geführt und sie würdig vertreten. Sie haben sich stets sehr wirkungsvoll für die Belange der BWG eingesetzt und Gefahren von ihr abgewendet. Die Gesellschaft ist also bei Ihnen in guten Händen gewesen. Auch wegen Ihrer eigenen humorvollen Art haben wir Sie sehr gern als Präsidenten gehabt. Sie haben sich um die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft verdient gemacht, und ich danke Ihnen namens der BWG aufrichtig und herzlich.

Sehr geehrter Herr Kamp, Sie übernehmen heute das Präsidentenamt. Als Sie uns vor einiger Zeit Ihre Bereitschaft dazu wissen ließen, waren wir alle sehr froh. Ihre Wahl zum Präsidenten hätte dann auch kaum ein überzeugenderes Ergebnis haben können. Ich wünsche Ihnen alles Gute, viel Erfolg und allzeit eine glückliche Hand zum Wohle der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft.

Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. rer. nat. h.c. Hans-Georg Unger
Wöhlerstraße 10 · 38116 Braunschweig

WERNER LEONHARD

Ansprache anläßlich der Präsidentschafts-Übergabe am 26.1.96

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

ich freue mich, daß Sie unserer Einladung zur heutigen Versammlung gefolgt sind und mit Ihrer Teilnahme an der Übergabe des Präsidentenamtes Ihre Verbundenheit mit der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft bekunden. Daß die Stadt Braunschweig durch den Herrn Oberbürgermeister vertreten ist, bedeutet uns eine besondere Ehre.

Mein Gruß gilt auch den Damen, die es uns nachsehen werden, daß wir sie nur einige Male im Jahr, im Sommer in Clausthal und Hannover, im Winter hier in Braunschweig einladen; natürlich wären Sie auch bei anderen Anlässen eine Bereicherung, doch würden manche der dort behandelten Themen Sie wohl weniger ansprechen.

Da die heutige Veranstaltung schließlich noch als Neujahrsempfang angekündigt ist, möchte ich Ihnen allen verspätet ein „Gutes Neues Jahr“ zurufen.

Anläßlich einer Präsidentschafts-Übergabe wäre eigentlich ein Bericht des scheidenden Präsidenten fällig, doch möchte ich Ihnen dies ersparen, da ich bei den vergangenen Jahresversammlungen und unserer letzten Plenarversammlung im Dezember das Nötige schon gesagt habe. Lassen Sie mich nur einige Punkte kurz in Erinnerung rufen;

- Im vergangenen Jahr feierten wir das 50-jährige Bestehen der BWG, was Anlaß bot, die Ursprünge unserer Gesellschaft nochmals zu beleuchten. Das wichtigste Ergebnis war, daß die BWG trotz der Gründung im Herbst 1943 kein Fossil des Dritten Reiches ist, man könnte eher von einem Akt der Aufsässigkeit gegen die damalige Obrigkeit sprechen.
- Auch in den vergangenen drei Jahren konnten wir wieder bedeutende Wissenschaftler als Träger unserer Gauß-Medaille vorstellen, einen Astronomen, einen Historiker und einen Technischen Physiker aus dem Bereich der Strömungsmechanik. Alle sind eine Zierde unserer Gesellschaft und unterstreichen unseren Anspruch auf wissenschaftliche Breite.
- Dann auf einer ganz anderen Ebene, aber ebenfalls wichtig für unsere praktische Existenz: Das Wohnrecht der BWG im großbürgerlichen Haus am Fallersleber Torwall bleibt uns erhalten; zunächst drohte ein Einsturz durch Überlastung im Obergeschoß (statisch bedingt oder nur herbeigeredet?). Nachdem aber unser Mitglied, Herr Rostásy, die Risse im Bauwerk analysiert und der Stadt einen schonenden Sanierungsvorschlag unterbreitet hatte, konnte das Gebäude gesichert und vielleicht für ein weiteres Jahrhundert gefestigt werden. Hierfür sind wir der Stadt sehr dankbar.
- Schließlich, und das ist das wichtige Ereignis, das uns heute zusammengeführt hat, ist es uns gelungen, eine überzeugende Persönlichkeit als neuen Präsidenten zu gewinnen, der die Geschicke der BWG während der nächsten Jahre lenken wird. Ich spreche von Professor Dr. phil. Norbert Kamp, hochgeschätzter früherer Kollege und Rektor

unserer Hochschule, bis er (auf die nach unserer Meinung falsche Bahn geriet und) sich zum Präsidenten der Universität Göttingen wählen ließ, ein Amt, das er mit Erfolg 13 Jahre lang innehatte. Nun ist er aber als Emeritus nach Braunschweig zurückgekehrt, wo wir ihn überzeugen konnten, daß ihn in der BWG, die ihm als Mitglied seit langem vertraut ist, lohnende Aufgaben erwarten. Ich denke dabei auch an die Weiterentwicklung unseres schwebenden Verhältnisses zu den wissenschaftlichen Akademien, deren Denkweise er als Geisteswissenschaftler und Historiker vielleicht eher versteht als ein einfacher Ingenieur.

Die Fragen im Zusammenhang mit der Suche nach einem Nachfolger haben mich in letzter Zeit zu Überlegungen angeregt, worin eigentlich, abgesehen womöglich von einer auch äußerlich erkennbaren rhetorischen Sprachgewalt, die verschiedenen Wissenschaften sich in der Arbeitsweise unterscheiden; also etwa, um bei unserem Beispiel zu bleiben, der Geschichtswissenschaft und einer technischen Disziplin. Ich räume gern ein, daß dies eine ungewöhnliche Frage ist, mit der man sich in klarer Morgensonne und angesichts eines Schreibtisches mit unerledigter Post wohl nicht befassen würde, doch gibt es Gelegenheiten, für die sie sich gut eignet, da man sonst dem Müßiggang anheimfällt, etwa auf einer längeren Flugreise.

Eine solche Situation ergab sich kürzlich durch Einladung an die seit Anfang des Jahrhunderts bestehende Universität von Hong Kong, wo man auch im Department of Electrical Engineering über die künftigen Herausforderungen nachdenkt, die nächstes Jahr zu erwarten sind oder befürchtet werden, angesichts des Übergangs vom Status einer abgeschirmten und wirtschaftlich äußerst erfolgreichen Kolonie unter einer zunehmend das Interesse verlierenden Kolonialherrschaft zur Randzone eines armen kontinentalen Großreiches mit 1300 Millionen Einwohnern. Wenn ein halbwegs rüstiger Emeritus eine solche Einladung vorfindet, wird er seinen Rat nur selten versagen und die Flugkarten zurückschicken; vielmehr wird er versuchen, im nicht mehr lückenlos belegten Terminkalender Platz zu schaffen. Hat er sich dann im Obergeschoß eines die 10 000 km ohne Zwischenhalt durchquerenden „Jumbos" behaglich niedergelassen und ist mit allem Nötigen versorgt, ist der Augenblick gekommen, sich auch ferner liegenden und keinen unmittelbaren Nutzen versprechenden Fragen zuzuwenden, ohne Zeitdruck und losgelöst von streng logischen Zwängen. Hier ist nun ein vorläufiges Ergebnis eines solchen von leichten Nickerchen unterbrochenen Nachdenkens:

Eine wichtige Randbedingung ist beim Historiker gewiß, daß die zu erforschenden Dinge in der Vergangenheit liegen und damit unveränderlich sind, doch lassen sie sich in verschiedener Weise deuten; viele Details bedürfen dabei der Klärung, wie etwa im Zusammenhang mit der Emser Depesche, einem gründlich erforschten historischen Vorgang. Sie sind durch eigene Funde und Überlegungen zu ergänzen, um den gesamten Vorgang zu verstehen und die Hintergründe dem interessierten Publikum erklären zu können.

Daß historische Quellen lückenhaft sind, kann unterschiedliche Ursachen haben: manche Archive bleiben auch nach 50 Jahren verschlossen, um niemand zu kompromittieren; vielleicht hat man aber auch versucht, die Spuren zu verwischen oder falsche

Fährten zu legen. Wie die neueste Geschichte zeigt, kann es sogar vorkommen, daß einfach die Masse wichtiger und unwichtiger Quellen ihre Auswertung behindert; denken wir nur an die 200 km Akten, mit denen sich die Gauck-Behörde zu befassen hat. Manche dieser Unterlagen wurden offenbar zwischenzeitlich überarbeitet, d. h. „gereinigt", so daß man nur auf in der Eile vergessene und dem Reißwolf zufällig entgangene Kopien hoffen kann, soll die volle Wahrheit ans Licht kommen.

Liegen die zu erforschenden Vorgänge weiter zurück, Jahrhunderte und mehr, trocknen die Quellen auf natürliche Weise aus; vielleicht entdeckt ein findiger Historiker dann noch etwas in verstaubten Archiven, sagen wir in den Gewölben des Vatikans, oder die Archäologen helfen mit neuen überraschenden Funden, in Höhlen am Toten Meer oder sonstwo.

Der hier hoffentlich nicht als Zerrbild erscheinenden historischen Forschung muß also ein Konzept zugrundeliegen, außerdem braucht man profunde Detailkenntnisse und Einsicht in das Geschehen der früheren Zeit, Einfallsreichtum, auch Ausdauer und manchmal kriminalistischen Spürsinn. Doch, sofern unser Historiker nicht gerade ein dramatisches zeitgeschichtliches Thema gewählt hat, sagen wir eine neue Hitler-Biographie aus der Perspektive von „Adolf Hitler als Mensch", kann er einigermaßen sicher sein, daß andere Kollegen ihm nicht mit ähnlichen Plänen den Rang ablaufen. Diese Gewißheit verleiht ihm die notwendige wissenschaftsgemäße Distanz und Gelassenheit; sie wächst noch mit dem zeitlichen Abstand vom Forschungsgegenstand.

Ganz anders ist es beim Ingenieur, wobei wir uns wegen der Vergleichbarkeit auf einen ebenfalls an der Hochschule tätigen sog. Forscher und Lehrer beschränken wollen, denn es gibt ja noch viele andere praktische Ingenieurtätigkeiten in der Projektierung und Fertigung oder in Vertrieb und Wartung. Alles was ihm forschungswürdig erscheint, sollte entweder taufrisch sein oder wesentliche Verbesserungen gegenüber schon existierenden Lösungen bringen. (Genau genommen ist eine solche Forderung heute natürlich eine Fiktion, da kein Einzelner mehr den gesamten, lawinenartig anwachsenden Fundus wissenschaftlicher Veröffentlichungen, außer auf einem engen Fachgebiet, im Detail überschauen kann.)

Technische Neuerungen sind von Natur aus kurzlebig, außerdem unabhängig von Ort und sprachlichem Umfeld; damit sind sie auch beliebig transportierbar, mit Internet notfalls augenblicklich. Sofern das gewählte Problem von allgemeinerem Interesse ist, muß unser forschender Ingenieur also bedenken, daß auch andere daran arbeiten und neue Lösungen suchen, vielleicht sogar mit besseren Mitteln. Es kommt dann darauf an, wer die Nase vorn hat und durch Veröffentlichungen eine gedankliche Innovation dokumentieren kann, um erfinderische Ehren zu beanspruchen; es gibt dafür dramatische Beispiele. Von einer späteren wirtschaftlichen Nutzung ist zunächst noch gar nicht die Rede.

Wegen dieser konkurrierenden Parallelarbeit ist der forschende Ingenieur, anders als der Historiker, selbst an der Hochschule einem Zeitdruck und unvermeidlicher Hektik ausgesetzt. Schlägt man eine Zeitung auf, so beklagen der Präsident des Patentamtes oder der Forschungsminister wieder einmal die ungenügende Zahl von Erfindungen und Patenten und sehen darin angesichts eines globalen Wettbewerbs mit Recht eine Gefährdung des Standortes Deutschland; auf der anderen Seite läßt sich im Wissenschaftsbetrieb eine an Erfindungen und Patenten ausgerichtete Arbeitsweise aber auch allzu leicht als unwissenschaftlich, da wieselartig und nutzstrebend abtun. Der Druck wird noch verstärkt und rückt die Arbeit manchmal an den Rand des Zwielichtigen, wenn man Hochschulinstitute einerseits mit der Forderung nach Praxisnähe, Technologietransfer, usw. zur unmittelbaren Anwendung treibt, gleichzeitig aber ihre Arbeit durch kleinliche und mißtrauische Kontrollen immer mehr einschränkt.

Diese naturgemäß sehr vereinfachte Betrachtung läßt in der Tat gravierende Unterschiede der Arbeitsweise in den wissenschaftlichen Fachrichtungen erkennen, doch beruhen sie großenteils auf äußeren Randbedingungen; zur Postulierung prinzipieller Unterschiede hinsichtlich ihrer Wissenschaftlichkeit geben sie dagegen wenig her. Dennoch müssen wir uns alle, Historiker wie Techniker, mit offenbar unveränderlichen Vorurteilen abfinden. Als z. B. vor einigen Jahren ein DFG-Präsident die Angehörigen einer bestimmten Fachrichtung zu den „Hermelinträgern der Wissenschaft" stilisierte, werden sich die Haare aller übrigen, die vielleicht nur Hasenfelle vorweisen können, gesträubt haben; immerhin können wir darauf vertrauen, daß der Präsident wußte, wovon er redete; bevölkerten die Hermelinträger doch sein eigenes Fachgebiet.

Doch lassen Sie mich nach diesen nicht ganz ernst gemeinten Anmerkungen wieder zum Anlaß unserer Zusammenkunft zurückkehren:

Ich freue mich, daß ich Ihnen, lieber Herr Kamp, die von einem unserer Mitglieder entworfene und aus vergoldetem Silber gefertigte Kette zum Zeichen Ihres neuen Amtes als Präsident der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft übergeben kann. Sie sind es gewohnt, gewichtigere präsidiale Amtsketten als diese zu tragen, doch bin ich überzeugt, daß keine schwerere Kette darunter war; möge sie Ihnen leicht werden.

Ich wünsche Ihnen eine glückliche Hand, um die Geschicke der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft während der nächsten Jahre zu lenken.

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. Werner Leonhard
Am Schiefen Berg 32 · 38302 Wolfenbüttel

NORBERT KAMP

Vom Lernen des Wählens im Mittelalter

Herr Präsident, societatis scientiarum Brunsvicensis sodales illustrissimi, meine sehr verehrten Damen und Herren,

ein Augenblick wie dieser, in dem mir der scheidende Präsident, mit der Amtskette sichtbar, eine neue Verantwortung auf Zeit auf Schultern legt, die von anderen Lasten gerade befreit wurden, weckt von meiner Befindlichkeit, aber auch von meinem Thema her, zuerst eine spürbare Nähe zu den Demutsworten des im Mittelalter Gewählten, dem die Spanne zwischen Erwartung und Vermögen so gegenwärtig war wie sie mir ist. Sie vermag ich nur hintanzustellen, weil mein erstes Wort meinem Vorgänger im Amt, Herrn Prof. Werner Leonhard, gelten soll, der in den drei Jahren seiner Präsidentschaft der Gesellschaft Stabilität und Autorität gegeben, ihr Ansehen und Aufmerksamkeit bewahrt und uns allen bewiesen hat, daß er ein Meister der Regelungstechnik auch außerhalb seiner Disziplin ist. Mit seiner ebenso ruhigen wie glücklichen Hand hat er sich um die Pflege der Wissenschaft in allen Klassen und in allen mit Braunschweig verbundenen Vororten der Gesellschaft verdient gemacht und ihr neue Mitglieder und Freunde gewonnen. Dafür gilt Ihnen unser aller, aber auch mein besonderer Dank.

Meine Damen und Herren, Wahlen, die einem Gemeinwesen Legitimität verleihen und seinen Zusammenhalt begründen, die politische Macht neu verteilen oder den gesellschaftlichen Wandel anstoßen, Wahlen, die Verantwortung auf Zeit übertragen, aber auch widerrufen, Wahlen, die in ihrem Wettstreit und mit ihrem Erleben das dauerhafte Miteinander eines politischen Verbandes, einer wissenschaftlichen Gesellschaft, auch eines Vereines, entstehen lassen, sind ein bestimmendes und zugleich tragendes Element unserer Gesellschaft, auf fast allen Ebenen und in fast allen Strukturen und Gliederungen. Ihre erneuernde, verändernde, aber auch stabilisierende Kraft hat einen unbestrittenen Platz in unserer Rechtsordnung, die das Wahlrecht bis in Feinheiten ausgestaltet hat, die einerseits nur der Mathematiker in ihrer Ableitung versteht, die andererseits aber auch einem Formalismus huldigen, dem nicht jedermann leicht folgen kann, wenn Gerichte ihn zum Maßstab wählen.

Im Nachhinein der Wahl einer wissenschaftlichen Gesellschaft mit ihren gleichwohl nach dem Alter unterschiedlich gewichteten Stimmen möchte ich auf die historischen Anfänge des Wählens zurücklenken und Ihnen damit gleichzeitig den Zugang zu der wissenschaftlichen Disziplin öffnen, die ich in der universitären Arbeitsteilung vertrete, die mittelalterliche Geschichte oder, um es zeitlich und räumlich genauer zu bestimmen, die Geschichte Europas in der Zeit vom Ausgang der griechisch-römischen Antike bis zum Beginn der Neuzeit, wann immer man diesen auch ansetzen mag.

Die Geschichte des Wählens im Sinne einer bestimmbaren, in unsere Gegenwart hineinreichenden Kontinuität setzt erst im Mittelalter ein. Nur dort kann von jenem Lernen die Rede sein, von dem wir heute noch zehren. Gewiß haben die römische Republik und mehr noch die attische Demokratie Wahlformen und Wahlregeln jeweils für sich entwickelt, aber das Erbe von Athen und Rom überdauerte die griechische Polis und den römischen Staatsverband nicht. Anders als auf vielen Feldern des geschichtlichen Lebens ging das Wissen um Handeln und Regelwerk vollständig verloren, so daß in den Generationen des Mittelalters alle Erfahrungen neu gemacht, alle Experimente neu erdacht und die begriffliche Ordnung des Wählens im Sinne eines auf die Zukunft gerichteten Lernprozesses neu gefunden werden mußte. Als die Rezeption des römischen Rechts im 12. Jahrhundert die Gedanken der Alten mit den Begriffen und Erfahrungen der Neuen konfrontierte, gewannen diese Präzision und neue Autoritäten für Theorie und Entscheidungskriterien, gerieten aber nicht aus den Geleisen ihrer schon eingefahrenen Bahnen.

Die politische Ordnung der auf dem Boden des römischen Imperiums entstandenen Germanenreiche bedurfte der Wahlen nicht, weil Charisma und Götterabkunft der führenden Geschlechter Herrschaft und Herrschaftsfolge trugen. Nach der Christianisierung traten an ihre Stelle Salbung und Krönung, ohne den tradierten Herrschaftsanspruch der Geschlechter aufzuheben. Herrschaft auf Zeit, bei der Wahlen Wechsel und Nachfolge hätten regeln müssen, kannte die feudal geordnete Welt des frühen Mittelalters nicht. Der an agrarische Lebensformen gebundenen Gesellschaft blieben zunächst auch Gemeinwesen fremd, die mit einer räumlichen Verdichtung des Wohnens und der sozialen Angleichung erwerbstätiger Menschen neue Formen des Miteinander entstehen ließen und damit zugleich eine Obrigkeit zu eigenem Recht schufen, wie sie dann in der Stadt oder besser in der sich in deren Mauern ausbildenden Kommune mit einer prinzipiell republikanischen Verfassung entstehen sollte. Der einzige Bereich der frühmittelalterlichen Gesellschaft, in dem verantwortliche Führungspositionen im regelmäßigen Wechsel wahrgenommen wurden, war die Kirche mit ihrer auf die spätantike Stadt zugeschnittenen Diözesanorganisation und ihren sich seit dem 5. Jahrhundert auch im lateinischen Westen ausbreitenden Klöstern, wo sich für Bischöfe und Äbte periodisch das Problem einer durch Auswahl zu treffenden Nachfolge stellte.

Den damit angesprochenen frühen Jahrhunderten werde ich mich heute nicht widmen, sondern erst mit jenem Zeitalter beginnen, dem der Ruf nach Wahlen oder, genauer gesagt, die laut und bei fast jedem Anlaß erhobene Forderung nach kanonischer Wahl Farbe und Signatur gab, das Zeitalter der von Lothringen und Burgund ausgehenden Kirchenreform. Die Forderung nach kanonischer Wahl zielte auf die Reform der verweltlichten Kirche. Sie setzte den Hebel der Erneuerung bei den Wahlen an, um die Übel der Zeit von der Wurzel her auszurotten, indem sie Simonie und weltliche Bevormundung bei Wahlen an den Pranger stellte. Die in vielen Wiederholungen reaktivierte Vorstellung der kanonischen Wahl, also einer an den alten canones, den Lehr- und Rechtssätzen der frühen Päpste, Kirchenväter und Konzilien orientierten Wahl, bediente sich in der Regel der Formel, daß der Bischof von der Gemeinde, dem populus, erbeten (expetitus), vom Klerus gewählt und von den Mitbischöfen, den comprovinciales, geweiht werden sollte. Die Formel enthielt auch in ihren Varianten keine Aussage über den Ablauf einer Wahl und noch weniger einen Hinweis auf deren Entscheidungskriterien. Feste Formen für die abgestufte Beteiligung von Klerus und Volk bildeten sich nicht aus, weil beide Gruppen sich als Wahlkörper nicht nach Außen abgrenzen ließen. Als kirchenpolitisches Schlagwort wandte sich der Begriff der kanonischen Wahl in erster Linie gegen Fremd-steuerung und Käuflichkeit. Er zielte nicht auf eine andere Form der Wahl. Ein individualisierbares Wahlrecht war ihm fremd. Zu einer geordneten Nachfolge kam es in der Regel, wenn ein informell vorbereiteter oder spontan aufkommender Wahlvorschlag ohne langes Hin und Her den allgemeinen Beifall fand. Die zustimmende Akklamation galt als Ausweis der unanimitas, der Einmütigkeit, und diese als Garantie einer dem Heil aller dienenden Wahl.

An diesem Mythos der einmütigen Wahl stieß sich anderes Kriterium, das sich in der Wahl als Spaltpilz einnisten konnte, auch wenn es auf das Gegenteil zielte. Den Ruf nach kanonischer Wahl erhoben vielfach Vertreter des Mönchtums, das sich seit den Reformen Ludwigs des Frommen und Benedikts von Aniane an der Regel des Benedikt von Nursia orientierte, die auch für die Wahl des Abtes Vorsorge getroffen hatte, aber eigene Wege gegangen war. Auch Benedikt hielt an dem Ideal der einmütigen Wahl fest. Er sah aber mit dem ihm eigenen Realismus daneben die Möglichkeit, daß der würdige Nachfolger im Klosterkonvent, der, anders als die Diözesanversammlung, einen abgeschlossenen Kreis gleichgestellter Wähler bildete, nicht von allen erkannt oder anerkannt wurde. Benedikt räumte deshalb der Minderheit des Konvents, pars quamvis parva, das Recht ein, eine Wahl auch gegen die Mehrheit durchzusetzen, wenn sie von der Überzeugung getragen war, im Geiste des Mönchtums und seiner Regel, aber auch vor Gott, den Würdigsten zu erwählen, mit anderen Worten, die Minderheit konnte die Mehrheit schlagen, wenn die Kraft ihrer Argumente, Motive und ihrer zukunftsgerichteten religiösen Überzeugungen sie als sanior pars erschienen ließ. Gegen die Vorstellung einer heilsgewissen Minderheit meldeten sich vereinzelt schon Stimmen, die in der maioritas, der zahlenmäßigen Mehrheit, ein Indiz der sanioritas erkennen wollten, aber zunächst ohne große Resonanz blieben, da reformfreudige Minderheiten als sanior pars den Siegeszug der Kirchenreform von Kloster zu Kloster bestimmten.

Nachdem der Elsässer Bruno von Toul als Leo IX. seit 1049 dem Papsttum selbst als Motor der Kirchenreform eine neue Funktion und Autorität gegeben hatte, rückte die Papstwahl in den Blick der Reformer, obwohl die kaiserlichen Designationen deutscher Päpste das römische Wahlchaos zunächst durch eine neue Fremdbestimmung zu heilen versucht hatten. Der vom Kaiser designierte Leo ließ sich in Rom unter dem Beifall der Reformer neu kanonisch wählen, ehe er die Rechte seines Amtes wahrnahm. Das fünf Jahre nach seinem Tode 1059 erlassene Papstwahldekret, das primär die in Siena vollzogene Wahl Nikolaus II. durch die aus Rom vertriebenen Reformer legitimieren sollte, wurde vor dem beschriebenen Hintergrund zu einer Wendemarke in der Geschichte des Wählens, auch wenn das so kaum beabsichtigt war und Wahlen nach seinen Regeln nie stattfanden. Das Dekret ordnete erstmals den Ablauf einer Wahl, indem es den Kardinalbischöfen ein Vorstimmrecht, den weiteren Kardinälen ein aktives Beteiligungsrecht, dem übrigen Klerus und dem Volk lediglich ein Bestätigungsrecht einräumte und auch dieses noch dadurch relativierte, daß es für die Wahl von Siena im Nachhinein feststellte, der gewählte Papst verfüge auch ohne die in Siena nicht mögliche Mitwirkung von Klerus und Volk über die wesentlichen Prärogativen seines Amtes.

Das Papstwahldekret vollzog einen ersten Schritt zur Herauslösung eines definierbaren Wählerkreises aus der unbestimmten Menge Klerus und Volk der alten Rechtsformel von der kanonischen Wahl, indem es den aktiven und bestimmenden Anteil der Kardinäle hervorhob und die Teilnahme von Klerus und Volk als unter Umständen entbehrlich bezeichnete. Es spezifizierte das Wahlrecht der Kardinalbischöfe und stellte damit die Weichen für ein individualisierbares Recht der einzelnen Wähler.

Die 1059 nur angebahnte Entwicklung vollendete die Umwandlung des in drei Ordines gegliederten römischen Kardinalklerus in das Kardinalskollegium der lateinischen Christenheit innerhalb von zwei Generationen. Um 1130 war es selbstverständlich, daß allein die Kardinäle das Wahlrecht bei der Papstwahl ausübten und daß in ihren Reihen Bischöfe, Priester und Diakone sich in ihrem Recht bei der Wahl nicht mehr unterschieden. Der ausgegrenzte Wahlkörper ließ die einzelnen Wähler eine Stimme, vox, gewinnen, auch wenn man den Schritt zur zählbaren Einheit noch nicht hinter sich gebracht hatte. Klerus und Volk, die in der kanonischen Wahlformel als tragende Pfeiler der Wahlhandlung erschienen, waren seither eine rechtlich bedeutungslose Wahlkulisse.

Wahlen wurden auch in dem überschaubar gewordenen Wahlkörper von 20 bis 30 Kardinälen nicht leichter, zumal sich im Senat der römischen Kirche, wie man ihren Kreis später gern nannte, die kirchenpolitischen Parteiungen auf engstem Raum trafen: Radikalreformer und Pragmatiker, konservativ gewordene Cluniazenzer und moderne Zisterzienser, aber auch andere Richtungen, wenn man nur an den Streit um das Wormser Konkordat oder die Normannenpolitik denkt. Um das Ideal der Einmütigkeit zu bewahren und Konfliktfronten zu überspielen, griff man zum Experiment: Wahlmänner aus den Hauptrichtungen sollten eine informelle Vorauswahl treffen, der dann alle beizutreten sich verpflichteten. Aber auch solche Verfahren verhinderten es nicht, daß sich im Jahre 1130 zwei Päpste der Christenheit präsentierten: Anaklet II., gestützt auf eine Mehrheit, und Innozenz II., der nur eine Minderheit auf seiner Seite wußte, aber wie diese der Überzeugung war, daß er kirchenpolitisch die sanior pars vertrat. Das Schisma entschieden die westeuropäischen Monarchien und der dann von Innozenz II. zum Kaiser gekrönte deutsche König Lothar von Supplinburg, die unter dem beredten Einfluß des Zisterziensers Bernhard von Clairvaux für Innozenz II. eintraten, während Anaklet II., der Roger II. zum König von Sizilien erhob, kirchenpolitisch in die Isolierung und damit vor der Geschichte in die Rolle des Gegenpapstes geriet.

Das nächste päpstliche Schisma entzündete sich 1159 an der Politik Friedrichs I. Barbarossa. Die Mehrheit der Kardinäle erhob den päpstlichen Kanzler Roland, einen bedeutenden Juristen, der dem Kaiser auf dem Reichstag von Besançon entgegengetreten war, als Alexander III., eine kaiserfreundliche Minderheit Viktor III. Die Minderheit, drei Kardinäle, war so sehr von ihrem Recht überzeugt, daß sie ihren Papst als ersten mit dem päpstlichen Mantel bekleidet dem Volk präsentierte, aber diese handstreichartig vollzogene Erhebung im Schnellverfahren versperrte Alexander III. den Weg zu seiner Weihe nicht, so daß die Christenheit in den nächsten Jahren bis zum Frieden von Venedig 1177 in zwei Obödienzen mit wechselnden Abgrenzungen auseinanderfiel.

Das zweite Laterankonzil zog 1179 die wahlrechtlichen Konsequenzen, indem es mit dem Dekret Licet de vitanda für die Papstwahl eine Regel fand, die eine neue Epoche in der Geschichte des Wählens bezeichnete, weil sie das Zählen der nunmehr vorausgesetzten Einzelstimmen zur Grundlage der Wahlentscheidung machte und gleichzeitig die qualifizierte Mehrheit als Rechtsinstitut erfand. Nur derjenige sollte künftig als rechtmäßiger Papst anerkannt werden, der zwei Drittel der Stimmen der wählenden Kardinäle erhielt. Da es für die Papstwahl keine höhere Urteilsinstanz gebe, müsse für sie gelten, daß die maior pars auch die sanior pars sei, wenn eine Zweidrittelmehrheit erreicht werde. Der Konflikt zwischen dem Majoritätsgedanken und der Saniorotätsforderung war damit für den Sonderfall der Papstwahl pragmatisch gelöst, nicht aber für andere Wahlen, wie das Konzil ausdrücklich hervorhob.

Unseren Blick auf die Papstwahl zu konzentrieren, wäre dann unzulässig, wenn die hier aufgezeigten Vorgänge so singulär geblieben wären wie die Ausnahmeregelung für die Papstwahl uns vermuten lassen könnte. Das war jedoch nicht der Fall. Die von der Kirchenreform ausgehende neue Klerikalisierung richtete sich nicht nur gegen die Laieninvestitur und das Eigenkirchenrecht der adligen Patronatsherren. Sie drängte den Laien als aktives Kirchenmitglied zurück, wies ihn gleichsam in seine Schranken, indem die Priesterkirche ihm nur noch den Platz jenseits des Lettner reservierte. Das Volk verlor seine Funktion bei der Wahl, so daß sich den kirchlichen Juristen, die man seit dem 12. Jahrhundert Kanonisten nannte, die Frage aufdrängte, ob die von den alten canones postulierte Mitwirkung des Volkes, der Laien, der Wahl schade oder nicht. Diese Diskussion orchestrierte mit ihren gedanklichen Winkelzügen, denen ich hier nicht folgen will, nur die Begleitmusik zu einem Prozeß, der die römische Ausgrenzung des Kardinalkollegiums als Wahlkörper von Diözese zu Diözese wiederholte. An die Stelle von Klerus und Volk traten die Domkapitel, deren Mitglieder oft zusammen mit einigen anderen prominenten geistlichen Würdenträgern der diözesanen Hauptorte ein eigenständiges, ausschließlich wahrgenommenes aktives Wahlrecht gewannen.

Der Vorgang ist von einer erstaunlichen Breite: unbeschadet mancher Differenzierung und manchen zeitlichen Verschiebungen entstanden im Verlaufe eines Jahrhunderts überall im lateinischen Abendland von Spanien bis Polen, von Sizilien bis Schweden überschaubare, nach Außen hin abgrenzbare Wahlkörper, in denen Kanoniker und Kleriker das gleiche Stimmrecht ausübten und in dem man nun daran gehen konnte, diesem Umstand durch neue Wahlverfahren Rechnung zu tragen und auch den Entscheidungskriterien neue Aufmerksamkeit zu widmen.

Wenn ich noch hinzufüge, daß das Wählen in den sich mehrenden Klöstern selbstverständlich war, daß aber jetzt auch die Anfänge der Kommune in Oberitalien und die neuen Städte im Gebiet von Maas und Rhein, bald auch bis zur Elbe, ihre Räte und Konsuln durch Wahlen zu bestimmen begannen, dann ist es keine Übertreibung, das 12. Jahrhundert als die Epoche zu bezeichnen, in der das Lernen des Wählens im Mittelalter begann. Von der Papst- zur Königswahl, von der Bischofs- zur Abtswahl, von der Ratswahl zur Wahl der Konsuln wurden neue Regeln und neue Grundsätze gefunden, aber auch neue Techniken erprobt, die in ihrer Summe das Grundgerüst des neuzeitlichen Wählens ausmachen sollten und die differenzierte Ausprägung des modernen Wahlrechts vorformen sollten, auch wenn das Experimentieren mit Elementen des Wahlrechts von der Quotenbildung bis zum Wahlalter andeutet, daß wir nie mit einer abgeschlossenen Entwicklung rechnen können.

Das 12. Jahrhundert erneuerte die Rechtskultur durch Rechtswissenschaft. In Bologna legte man das neu aufgefundene römische Recht neu aus, seit Gratian das von diesem im

Decretum neu geordnete kanonische Recht der Kirche. Die Juristen holten alte Autoritäten wieder ans Licht und glossierten die Lehrsätze der Alten, aber auch die Leitbegriffe des kanonischen Rechts, denen sich noch vor dem Ende des Jahrhunderts die Dekretalen hinzugesellten, mit denen die Päpste, vor allem die großen Juristen unter ihnen, das Kirchenrecht auf das von ihnen mit neuer Intensität wahrgenommene Kirchenregiment zuschnitten. Die Bologneser Schule und ihre Lehrer kommentierten die neu aufgeworfenen Probleme des Wählens, wirkten aber auch durch ihre Handreichungen. Ein erstes Wahlhandbuch entstand noch in den Jahren kurz vor dem Laterankonzil von 1179, das erfolgreichste, von einem englischen Kleriker verfaßte Handbuch, das schon alle für eine kirchliche Wahl nunmehr erforderlichen Formularien enthielt, in den Jahren um 1250.

Juristische Diskussion, päpstliche Dekretalengesetzgebung und das Experimentieren mit der Wahl im weiten Umkreis des Abendlandes erlaubten es deshalb schon dem von Innozenz III. einberufenen Laterankonzil des Jahres 1215 eine Art Wahlordnung für die kirchlichen Wahlen zu erlassen, die zwar die an ihre eigenen Regeln gebundenen Orden nicht einbezog, aber doch einen allgemein verbindlichen Charakter erhielt, weil sie für kirchliche Wahlen nur drei Verfahren für zulässig erklärte, von denen zwei erst im Laufe des 12. Jahrhunderts ihre jeweilige Form erhalten hatten.

An erster Stelle nannte das Konzil die Inspirationswahl, in der nach den Vorstellungen der Zeit die Wähler ohne förmliches Verfahren durch die Inspiration des Heiligen Geistes zu der unanimitas fanden, die einer kirchlichen Wahl am besten anstand. Wahlen nach diesem Muster gewannen jedoch immer mehr Seltenheitswert, so daß auch die Juristen sie in ihren Kommentaren zum Ausnahmefall werden ließen.

Als zweites Verfahren führten die Konzilsväter die Wahl per compromissum an, die Wahl durch Kompromissare oder, wie ich vielleicht etwas ungenau hinzufügen möchte, durch Wahlmänner aus dem Kreis der Wahlberechtigten, denen diese das Recht auf einen Wahlvorschlag unwiderruflich, aber auch mit der Zusage einräumten, den Wahlvorschlag nach seiner Präsentation als eigenen anzunehmen, so daß in der Regel ein einmütiger Vorschlag zustandekam, der dann durch den von einem Wähler stellvertretend für alle vorgetragenen Kürspruch in der sogenannten electio communis bekräftigt wurde. Die Wahl entfernte sich also nicht vom Ideal der Einmütigkeit, erreichte sie aber mit anderen Mitteln.

Dieses Wahlverfahren hatte zudem den Vorteil, daß die Auswahl in einem kleineren Kreise unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Vorgaben der Wähler erfolgte, aber auch vorzeitige Festlegungen einer Stimmabgabe vermied. Die Auswahl der Kompromissare war nicht zwingend an den Kreis der Wähler gebunden. Auch Nachbarbischöfe, bekannte Äbte, selbst Kardinäle waren als Wahlhelfer in dieser Funktion gefragt.

Das Verfahren war kein Monopol der Kirche: als nach dem Tode Kaiser Heinrichs V. die Abgesandten der vier deutschen Stämme im Jahre 1125 bei Mainz zur Wahl zusammentraten, benannten sie zunächst einen Ausschuß von viermal zehn, also vierzig Persönlichkeiten, von denen sie Vorschläge geeigneter Kandidaten erwarteten. Diese benannten jedoch wiederum vier zum König Geeignete, so daß die Wahl Lothars von Supplinburg erst nach dem Verzicht der anderen und der Ausmanövrierung des Staufers Friedrich von Schwaben vollzogen werden konnte.

Der Kompromiß war auch sonst nicht immer eine Erfolgsgarantie. Das päpstliche Schisma von 1130 hatte man vermeiden wollen, indem man Kompromissare einsetzte, um die bekannten inneren Gegensätze zu überbrücken, aber man rechnete nicht damit, daß diese schon das Zusammentreten der Kompromissare verhinderten. Die bereits formierten Parteien schritten deshalb selbst zur Wahl, um der jeweils anderen den Vortritt zu nehmen. Der Kompromiß erwies sich gleichwohl als so gut handhabbar, daß die meisten Papstwahlen des 13. Jahrhunderts seinem Muster folgten. Den Ausweg aus der längsten Vakanz der Papstgeschichte fand man 1271, indem die Kardinäle einen förmlichen Vertrag schlossen, der sechs Kompromissare aus den Reihen der Bischöfe, Priester und Diakone bestimmte, die gleichzeitig die entgegengesetzten politischen Richtungen wiederspiegelten, die die Wahl drei Jahre lang blockiert hatten. Alle Kardinäle verpflichteten sich gleichzeitig, den vom Sechser-Ausschuß vorgeschlagenen Kandidaten zu wählen, was dann auch durch ihren Sprecher geschah.

Das Verfahren ist uns formal nicht so fremd wie es uns auf den ersten Blick erscheinen will. Die Wahl eines Präsidenten durch Wahlmänner in Amerika, auch eines Senats durch Wahlmänner in Frankreich, ist ein spätes Relikt dieses Verfahrens, das nicht zuletzt überall dort mit Gewinn angewandt wird, wo komplizierten Gremienschlüsseln im Wahlergebnis Rechnung getragen werden muß, die in einer Direktwahl nicht erreichbar sind.

Die dritte vom Konzil für zulässig erklärte Wahlform hieß per scrutinium, weil die Stimmen der Wähler einzeln erforscht wurden. Die Wähler setzten drei Skrutatoren ein, die jeden Wähler einzeln aufsuchten und sein Votum erfragten, das in der Regel noch nicht durch eine Vorauswahl eingeengt war. Diese Voten wurden für jeden einzelnen Wähler schriftlich festgehalten.

Allein für das scrutinium galt, daß die Stimmen zu zählen waren; beim Kompromiß galt das höchstens dann, wenn die Vollmachten der Kompromissare für deren Vorschlag eine bestimmte Mehrheit vorsahen. Das Zählen der Stimmen, das zu dem Ergebnis führen konnte, daß der Archidiakon A 30 Stimmen, der Erzpriester B 20 und der Diakon C 5 Stimmen erhalten hatten, reichte jedoch nicht aus. In der Sprache des Wahlrechts folgte auf die publicatio der Zahlen noch die collatio, die Zuordnung von Eifer, Qualifikationen und Verdiensten zu Wählern und Gewählten, wiederum in der Sprache des Wahlrechts numerus ad numerum, zelus ad zelum, merita ad merita. Die collatio war nichts anderes als der Versuch, das vorgeschriebene Wahlziel einer maior et sanior pars zu belegen. Den zelus suchte man bei den Wählern als religiösen Eifer, als Frömmigkeit, als gute Werke, die merita zumeist bei den Gewählten als Ansehen, auctoritas, als bisheriges geistliches Wirken, bald auch als scientia, theologische Gelehrsamkeit. Die Zuordnung setzte also voraus, daß man die Verbindung von Votum und Wähler kannte, die Stimmenbefragung also nicht geheim bleiben durfte. Andererseits liegt auf der Hand, daß zu einem begründbaren Wahlergebnis die Kombination von Zahlen und religiösen Begriffen unter den bei den Wahlen mehr und mehr die Oberhand gewinnenden rechtlichen Gesichtspunkten ein fast aussichtsloses Unterfangen war. Selbst die Kommentare bedeutender Kanonisten enthielten deshalb vereinfachende Gedankenspiele. Wenn ein Gewählter unter zwei der drei Leitbegriffe numerus, zelus und merita eindeutig den Vorrang habe, könne man unterstellen, daß die sanior pars seine Wahl trage. Keiner der Versuche, aus letztlich nicht kompatiblen Größen zu der rationalen Gleichung eines anerkannten Ergebnisses zu kommen, fand allgemeine Zustimmung.

Die Lösung war deshalb am Ende die gleiche, die man für die Papstwahl schon 1179 gefunden hatte. Sie wurde dadurch erleichtert, daß die Rezeption des römischen Rechts den dort geläufigen Gedanken, das Handeln der Mehrheit sei auch Handeln des Ganzen, den reinen Mehrheitsgedanken vertrauter werden ließ, zumal er in den oberitalienischen Kommunen längst erfolgreich war, da er durch kein religiöses Gegengewicht gehemmt wurde. Die Kommentatoren näherten sich in der Aporie zwischen maioritas und sanioritas selbst dem Mehrheitsgedanken. Ein so bedeutender Jurist wie Papst Innozenz IV. formulierte es um 1250 mit seinen Worten: die Mehrheit könne eine tiefere Einsicht haben. Auch wenn die sanior pars als Wahlkriterium im Kirchenrecht bis in die Neuzeit formal erhalten blieb, wurde der Konflikt, um dessen Lösung sich die besten Köpfe unter den Glossatoren bemüht hatten, pragmatisch gelöst. Das Konzil von Lyon erklärte 1274, bei einer Zweidrittelmehrheit der Wähler sei die Vermutung der Saniorität soweit begründet, daß die Wahl nur noch durch Einwände gegen die Person des Kandidaten, nicht mehr gegen die Wahl selbst, angefochten werden könne. Diese Entscheidung war für das Wählen von hoher praktischer Bedeutung: sie machte die qualifizierte Mehrheit allgemein allein zum Maßstab. Sie löste das einmal abgegebene Votum von der Person des Wählenden und erlaubte es damit, den in den Kommunen schon beschrittenen Weg zur geheimen Stimmabgabe ebenfalls zu beschreiten, nicht zuletzt mit der Einführung des Stimmzettels für die Schriftkundigen, zuerst bei der Papstwahl im 14. Jahrhundert.

Die Auseinandersetzung um das Wählen in der Kirche verlor jedoch bald nach der Konzilsentscheidung ihre bisherige Schärfe, da die päpstliche Wahlprüfung unter formalen und inhaltlichen Gesichtspunkten immer häufiger vom Instrument der Kassation schon bei formalen Wahlverstößen wie Versäumen der Wahlfrist Gebrauch machte und die Kassation jeweils zum Anlaß nahm, die Wahl an den päpstlichen Stuhl zu ziehen und durch eine päpstliche Provision, sprich Ernennung, zu ersetzen. Das im 13. Jahrhundert häufig verhängte Interdikt schloß auch ein Wahlverbot ein, dem ganze Königreiche unterworfen wurden. Päpstliche Provisionen als Ersatzhandlungen für kassierte Wahlen und Wahlverbote, die der Papst durch eigene Provisionen ausfüllte, waren nur die Vorstufe zur Reservation aller Bischofswahlen durch den apostolischen Stuhl um die Mitte des 14. Jahrhunderts, so daß das paradoxe Ergebnis eintrat, daß die für die europäische Geschichte so bedeutsame Ausbildung des kirchlichen Wahlrechts, die ich als einen wesentlichen Teil eines allgemeinen Lernprozesses des Wählens betrachte, auf ihrer höchsten Entwicklungsstufe in der Praxis einer allgemeinen Bischofsernennung durch den Papst aufging. Der Aufbruch im Jahrhundert des kirchlichen Wählens endete in der Wahlentmündigung eines großen Teils der Kirche, auch wenn die Instrumente und Techniken des Wahlrechts selbst nicht mehr verloren gehen sollten.

Einen kurzen Ausblick möchte ich noch auf das Wahlrecht der deutschen Monarchie richten, das von dieser Entwicklung nicht unberührt blieb, auch wenn es in vieler Hinsicht in anderen Traditionen wurzelte. Die Ausgrenzung des Wählerkreises von den Stammesvertretern zu den Reichsfürsten, schließlich zu den Kurfürsten, vollzog sich durchaus parallel. Sie öffnete erst das Tor zu einem geordneten Wahlverfahren mit Stimmen und Regularien, wie sie dann die Goldene Bulle als Endpunkt der Entwicklung festhielt. Den Rechtssatz formulierte der Papst im deutschen Thronstreit: Die Mehrheit verliere ihr Wahlrecht, wenn sie das Recht der Minderheit, an der Wahl mitzuwirken, nicht respektiere, so wie es die staufische Partei getan hatte. Das Mehrheitsprinzip wurde 1257 formuliert, als die Zahl der Kurfürsten feststand. Die gedankliche Konzentration auf das Wählen führte zu eigenen Konsequenzen. Sie löste die Vorstellung, daß die Krönung ein konstitutives Moment des Herrschaftseintritts sei, ab und fand in der Auseinandersetzung mit dem päpstlichen Approbationsanspruch 1338 zu dem Rechtssatz, daß der von der Mehrheit der Kurfürsten gewählte König bereits Kaiser mit allen seinen Rechten sei, mit anderen Worten, sie reduzierte den Recht schaffenden Akt des Herrschaftswechsels oder der Herrschaftserneuerung auf die Wahl selbst, eine Vorstellung, die zum ersten Mal, wenn auch viel vorsichtiger, das Papstwahldekret von 1059 formuliert hatte, als es davon sprach, daß dem gewählten, aber noch nicht in Rom inthronisierten Papst die Prärogativen seines Amtes zuständen. Mit der Formel des Kurvereins von Rhens trug die Wahl als solche im Verständnis der den Staat tragenden Rechtsgedanken den Sieg über die stufenförmige Kettenhandlung der Königserhebung davon, die einst, wie man es in Widukinds Bericht von 936 lesen kann, mit der Designation und Wahlversammlung begann und nach vielen rechtsförmlichen Akten mit dem Königsumritt und seinen Huldigungen endete. Sie zog damit die Konsequenz aus den Jahrhunderten, in denen man das Wählen gelernt und zugleich in seiner Funktion problematisiert hatte. Wenn eine Wahl allein das neue Recht schafft, werden die Ansprüche an ihre rechtliche Ordnung entsprechend hoch. Diese Summe erlaubt uns der Prozeß zu ziehen, in dem in Europa im Großen wie im Kleinen das Wählen gelernt wurde.

Literaturhinweise:

E. S. STAVELEY, Greek and Roman Voting and Elections (Ithaca, N.Y. 1972);

Wählen und Wählen im Mittelalter, hg. v. R. SCHNEIDER und H. ZIMMERMANN, Vorträge und Forschungen 37 (Sigmaringen 1990), darin bes. W. MALECZEK, Abstimmungsarten. Wie kommt man zu einem vernünftigen Wahlergebnis? (S. 79–134), B. SCHIMMELPFENNIG, Papst- und Bischofswahlen seit dem 12. Jahrhundert (S. 173–195), R. SCHNEIDER, Wechselwirkungen von kanonischer und weltlicher Wahl (S. 135–171);

H. GRUNDMANN, Pars quamvis parva. Zur Abtswahl nach Benedikts Regel. Festschrift für Percy Ernst Schramm I (Wiesbaden 1964) S. 237–251;

L. MOULIN, Les origines réligieuses des techniques électorales et déliberations modernes, Revue internationale d'histoire politique et constitutionelle NS 3, Fasc. 10 (1953) S. 106–148;

L. MOULIN, Sanior et maior pars. Note sur l'évolution des techniques électorales dans les ordres réligieux du VI au XIII siècle, Revue historique de droit français et étranger IV, 36 (1958) S. 368–397, 491–529;

H. FUHRMANN, Die Wahl des Papstes: ein historischer Überblick, Geschichte in Wissenschaft und Unterricht 9 (1958) S. 763–780;

P. SCHMID, Der Begriff der kanonischen Wahl in den Anfängen des Investiturstreits (Stuttgart 1926);

D. JASPER, Das Papstwahldekret von 1059, Beiträge zur Geschichte und Quellenkunde des Mittelalters 12 (Sigmaringen 1986);

P. HERDE, Die Entwicklung der Papstwahl im dreizehnten Jahrhundert, Österreichisches Archiv für Kirchenrecht 32 (1981) S. 11–41;

E. RUFFINI AVONDO, Il principio maggioritario. Profilo storico (Torino 1927, Neudruck: Milano 1976);

P. V. AIMONE-BRAIDA, Il principio maggioritario nel pensiero di glossatori e decretisti, Apollinaris 58 (1985) S. 209–285;

K. GANZER, Das Mehrheitsprinzip bei den kirchlichen Wahlen des Mittelalters, Tübinger Theologische Quartalsschrift 147 (1967) S. 60–87;

K. GANZER, Zur Beschränkung der Bischofswahl auf die Domkapitel in Theorie und Praxis des 12. und 13. Jahrhunderts, Zeitschrift der Savigny-Stiftung für Rechtsgeschichte, Kan. Abt. 57 (1971) S. 22–82 u. 58 (1972) S. 166–197;

K. GANZER, Papsttum und Bistumsbesetzungen in der Zeit von Gregor IX. bis Bonifaz VIII. Ein Beitrag zur Geschichte der päpstlichen Reservationen (Köln 1968);

H. MITTEIS, Die deutsche Königswahl und ihre Rechtsgrundlagen bis zur Goldenen Bulle (Weimar 1944);

U. REULING; Die Kur in Deutschland und Frankreich. Untersuchungen zur Entwicklung des rechtsförmlichen Wahlaktes bei der Königserhebung im 11. und 12. Jahrhundert (Göttingen 1979);

B. CASTORPH, Die Ausbildung des römischen Königswahlrechts. Studien zur Wirkungsgeschichte der Dekretale „Venerabilem“ (Göttingen 1978).

Prof. em. Dr. phil. Norbert Kamp
Leipziger Straße 236 B · 38124 Braunschweig

HELMUT BRASS

SCHLUSSWORTE

Sehr geehrter Herr Kamp, namens der Mitglieder der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft wünsche ich Ihnen eine glückliche Hand in Ihrem neuen Amt.

Meine Damen und Herren, die Führung einer wissenschaftlichen Gesellschaft ist kein Kleines in einer Zeit, in der das amerikanische Verteidigungsministerium Hellseher anstellt, in einer Zeit, in der eine ständig wachsende Flut von Esoterik-Literatur von der geistigen Beschaffenheit Deutschlands zeugt. Wir können uns aus dieser Literatur informieren über „Die Kraft der Runen“, „Die Magie der Edelsteine“, „Die druidische Mystik“, „Die Prophezeihungen des Nostradamus“, „Die Kunst des Handlesens“, wir können „Berichte von Astralreisen“ oder „Die Autobiographie einer Hexe“ zur Kenntnis nehmen, und wen es zum Handeln drängt, der wird mit dem „Praxisbuch magischer Rituale“ oder den „Übungen zur Kontaktaufnahme mit Schutzgeistern“ sicher gut bedient sein.

Dies alles sind Titel aus der neuesten Produktion großer Verlage; und wenn in einem Verlagsverzeichnis die Sachgruppe „Grenzwissenschaften/Naturwissenschaften“ erscheint, so ist dies ein trauriges Symptom für die öffentliche Akzeptanz von Pseudo-Wissenschaft unter dem Deckmantel der Vorurteilslosigkeit.

Was immer es gibt im geistigen Raum – es finden sich dafür genügend Streiter, unsere Aufgabe als die einer wissenschaftlichen Gesellschaft muß es sein, zu streiten für nüchterne Rationalität, wohl wissend, daß deren Antworten nicht allen Bedürfnissen nach Harmonie und Einfachheit genügen können.

Einsatz für die Wissenschaft, das geht aus von Fakten und Argumenten, eine angenehme Art, diese kennenzulernen, ist das Gespräch bei einem Glas Sekt. Dazu lade ich Sie nun in das Haus der BWG herzlich ein.

Prof. Dr. rer. nat. Helmut Braß
Hilsstraße 26 · 38122 Braunschweig

HEIKO HARBORTH, Braunschweig

Kreuzungsprobleme für Graphen

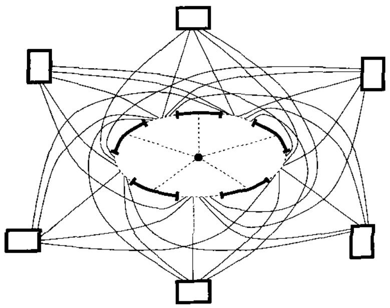
Braunschweig, 8.3.1996*

1. Einleitung

Im Jahre 1944 hatte der ungarische Mathematiker Paul Turán (1910–1976) das Glück, in einer Ziegelei arbeiten zu dürfen. Aus den m Brennkammern des Ofens waren die Ziegel in Loren zu n verschiedenen Lagerschuppen zu transportieren. Jede Brennkammer war mit jedem Schuppen durch Schienen verbunden. An den Kreuzungen kippten die Loren leicht um, so daß Zeitverlust und Bruch entstanden. Der Mathematiker überlegte also, wie man das Schienennetz besser gestalten kann, so daß so wenig wie möglich Kreuzungen vorkommen. — Es handelt sich um die Frage nach der kleinsten Anzahl $cr(K_{m,n})$ von Kreuzungen in Darstellungen des vollständigen bipartiten Graphen $K_{m,n}$ (siehe Figur 1). Ein kleineres Beispiel ist etwa das bekannte Problem, drei Häuser jeweils mit drei Energiequellen so zu verbinden, daß diese Verbindungen sich nicht überkreuzen, das heißt, $cr(K_{3,3})$ ist gefragt. Bisher ist für $\min(m,n) \geq 9$ nur

$$cr(K_{m,n}) \leq \left\lfloor \frac{m}{2} \right\rfloor \left\lfloor \frac{m-1}{2} \right\rfloor \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor \left\lfloor \frac{n-1}{2} \right\rfloor$$

bekannt. Dabei gilt Gleichheit, falls m oder $n \leq 8$, und $\lfloor x \rfloor$ bezeichnet die größte ganze Zahl $\leq x$.



Figur 1.

* Vortrag vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

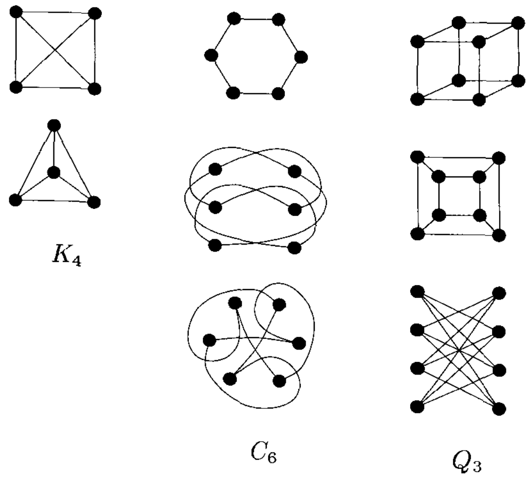
2. Nichtisomorphe Darstellungen von Graphen

Als Graphen $G = (V, E)$ werden Paare von Mengen V und E bezeichnet, wobei V eine nichtleere Menge von Knoten und E, die Menge der Kanten, eine Teilmenge der Menge der ungeordneten Paare von Elementen aus V ist.

Bei einer Darstellung $D(G)$ werden den Knoten aus V verschiedene Punkte der Ebene (auch Knoten von $D(G)$ genannt) und den Kanten aus E einfache Verbindungskurven (auch Kanten von $D(G)$ genannt) zwischen entsprechenden Knoten so zugeordnet, daß zwei Kanten höchstens einen Punkt gemeinsam haben, entweder einen Knoten oder einen Kreuzungspunkt. Zwei Kanten mit einem gemeinsamen Knoten dürfen sich also gar nicht und zwei disjunkte Kanten höchstens einmal kreuzen.

Als gleich oder isomorph sollen zwei Darstellungen $D_1(G)$ und $D_2(G)$ bezeichnet werden, wenn es eine umkehrbar eindeutige Abbildung zwischen Knoten, Kreuzungen, Kanten, Kantenstücken und Flächen, in die die Ebene eingeteilt wird, so gibt, daß alle Nachbarschaften erhalten bleiben. Anschaulicher ausgedrückt muß sich die eine Darstellung auf einer beliebig dehnbaren Kugel aus Gummihaut so verändern lassen, daß sie mit der anderen zur Deckung kommt.

Einige Darstellungen zeigt Figur 2, für den vollständigen Graphen K_4 (jeder Knoten ist mit jedem anderen verbunden), den Kreisgraphen C_6 (geschlossenes Polygon mit 6 Punkten) und den Würfelgraphen Q_3 (Eckpunkte und Kanten des n-dimensionalen Würfels für $n = 3$).

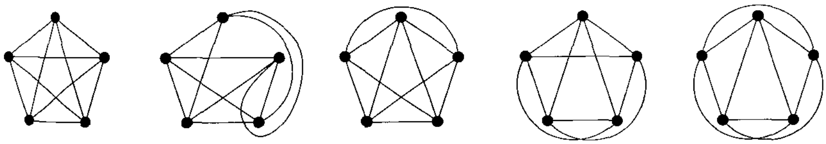


Figur 2.

Für die Anzahlen $C(G)$ von nichtisomorphen Darstellungen von Graphen G sind sehr wenige exakte Werte bekannt:

$$C(K_3) = 1, \quad C(K_4) = 2, \quad C(K_5) = 5, \quad C(K_6) = 121;$$
$$C(C_3) = 1, \quad C(C_4) = 2, \quad C(C_5) = 8, \quad C(C_6) = 114;$$
$$C(K_{3,3}) = 102.$$

In Figur 3 sieht man die 5 Darstellungen von K_5. Für den dreidimensionalen Oktaedergraph O ist $C(O) = 555$ bekannt, aber $C(Q_3)$ ist bisher noch nicht bestimmt worden. Für den Sterngraph $K_{1,n}$ (ein Knoten ist mit $n-1$ anderen verbunden) gilt natürlich $C(K_{1,n}) = 1$. Ist jedoch $K_{1,n-1} + v$ ein $K_{1,n-1}$, bei dem ein weiterer Knoten v mit einem Endknoten verbunden ist, so gilt $C(K_{1,n-1} + v) = \frac{1+3^{n-2}}{2}$.



Figur 3.

3. Extremale Kreuzungsanzahlen

Alle Darstellungen $D(G)$ sind offenbar schwer zu erfassen. Wie sieht es jedenfalls mit der kleinsten Anzahl $cr(G)$ und der größten Anzahl $CR(G)$ von Kreuzungen in allen Darstellungen $D(G)$ eines Graphen G aus?

Natürlich ist $cr(C_n) = 0$. Aber für K_n ist nur

$$cr(K_n) \leq \frac{1}{4}\left\lfloor\frac{n}{2}\right\rfloor\left\lfloor\frac{n-1}{2}\right\rfloor\left\lfloor\frac{n-2}{2}\right\rfloor\left\lfloor\frac{n-3}{2}\right\rfloor$$

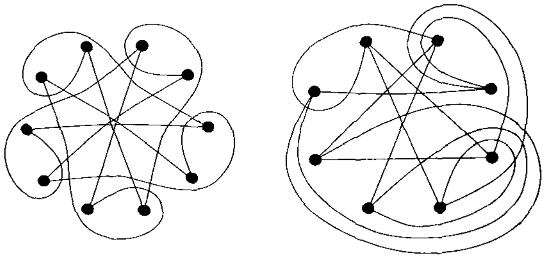
bisher bekannt, wobei Gleichheit für $n \leq 10$ nachgewiesen ist. Es ist also eine offene Frage, ob 11 Punkte in der Ebene so mit Kurven verbunden werden können, daß es weniger als 100 Kreuzungen gibt.

Für den Q_n sind nicht einmal gute Abschätzungen bekannt.

Die maximale Kreuzungsanzahl ist für einige Klassen von Graphen bekannt:

$$CR(K_n) = \binom{n}{4}; \; CR(K_{m,n}) = \binom{m}{2}\binom{n}{2}; \; CR(C_n) = \frac{n(n-3)}{2} \text{ für } n \neq 4.$$

Für den Würfelgraphen Q_n ist nur $CR(Q_3) = 34$ bekannt. In Figur 4 werden Darstellungen mit $CR(C_{10}) = 35$ und $CR(Q_3) = 34$ gezeigt.



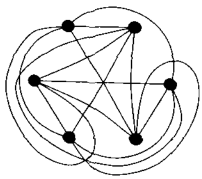
C_{10} Q_3

Figur 4.

Welche Graphen G haben die Eigenschaft, daß es $D(G)$ gibt, in der jede Kante alle möglichen anderen kreuzt? Hierzu sagt die bisher unbewiesene Vermutung von J. H. Conway, die sogenannte "Thrackle–conjecture", daß für G mit n Knoten höchstens n Kanten möglich sind, daß G also höchstens einen Kreis ($\neq C_4$) enthält.

4. Mehrfache Kreuzungen

Mindestens $2m$ Knoten muß ein K_n haben, damit m–fache Kreuzungen möglich sind. Man kann $D(K_{2m})$ mit zwei m–fachen Kreuzungen immer finden, und es wird vermutet, daß nie mehr als zwei möglich sind. Für $m = 3$ und 4 ist das mühsam bewiesen worden. Figur 5 zeigt K_6 mit den zwei dreifachen Kreuzungen.



Figur 5.

5. Kanten mit beschränkter Anzahl von Kreuzungen

Für manche Probleme kann es interessant sein, möglichst viele ($H_s(G)$) oder möglichst wenige ($h_s(G)$) Kanten mit höchstens s Kreuzungen zu haben.

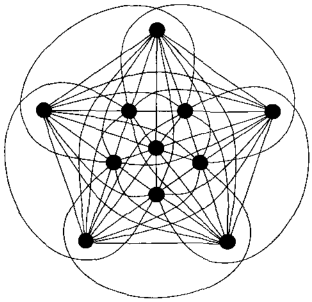
Im Fall H sind für den vollständigen Graphen K_n bekannt:

$$H_0(K_n) = n - 2;\ H_1(K_n) = 2n - 2 + \left\lfloor \frac{n-1}{2} \right\rfloor + z,\ 0 \leq z \leq 9,\ n \geq 8.$$

Im Fall h ist $h_0(K_n) = 1, 3, 4, 4, 3, 2, 0$ jeweils für $n = 2, 3, 4, 5, 6, 7, \geq 8$. Allgemein konnte

$$h_s(K_n) = 0 \text{ für } n > \frac{4}{3}s + c\sqrt{s}$$

mit einem konstanten Faktor c bewiesen werden. Aus Figur 6 folgt $h_1(K_{11}) = 0$. Gibt es $D(K_{10})$ so, daß jede Kante mindestens einmal gekreuzt wird?



Figur 6.

6. Gleichviele Kreuzungen auf jeder Kante

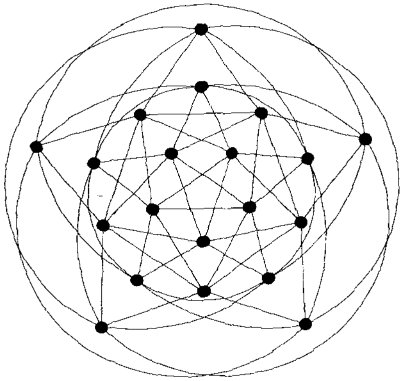
Natürlich gibt es Graphen, die eine Darstellung zulassen in der jede Kante r–mal gekreuzt ist. Welches ist die maximale Anzahl $q_r(n)$ von Kanten in Graphen G mit n Knoten, so daß eine Darstellung $D(G)$ mit r Kreuzungen auf jeder Kante möglich ist? Bekannt sind für $r = 0$ die planaren Graphen, für die $q_0(n) = 3n - 6$ aus der Eulerschen Polyederformel folgt. Für $r = 1$ gilt

$$q_1(n) = \begin{cases} 2n-4 & , \quad n \equiv 0 \pmod 2 \quad , \quad n \geq 8 \\ 2n-6 & , \quad \text{sonst} , \end{cases}$$

und für $r = 2$ gilt zum Beispiel

$$q_2(n) = \frac{10}{3}(n-2), \, n \equiv 2 \pmod 3, \, n \geq 20, \, n \neq 23.$$

In Figur 7 ist für $n = 20$ eine Darstellung mit 60 jeweils zweimal gekreuzten Kanten gezeigt.



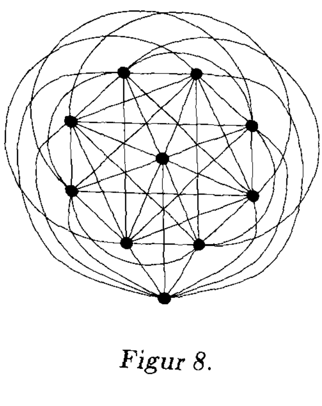
Figur 7.

7. Eine Darstellungs-Ramsey-Zahl

Vielleicht ist es zur Bestimmung der kleinsten Kreuzungsanzahl von K_n nützlich, Darstellungen zu suchen, in denen keine Teildarstellungen des K_5 mit $CR(K_5) = 5$ Kreuzungen vorkommen? Aus der Ramsey-Theorie läßt sich aber beweisen, daß immer eine kleinste Anzahl $Dr(K_n) = d$ so existiert, daß jede Darstellung $D(K_d)$ mindestens eine Teildarstellung mit maximaler Anzahl $CR(K_n)$ von Kreuzungen enthält. Für $n = 5$ konnte mühsam

$$11 \leq Dr(K_5) \leq 113$$

bewiesen werden. Die untere Abschätzung folgt aus der $D(K_{10})$ in Figur 8, in der kein Teilgraph K_5 der ersten oder zweiten Darstellung aus Figur 3 vorkommt. Gibt es $D(K_{11})$ mit der gleichen Eigenschaft?



Figur 8.

8. Kreuzungsfreie Kanten und maximale Kreuzungsanzahl

Betrachtet man nur solche $D(K_n)$, die $CR(K_n) = \binom{n}{4}$ Kreuzungen haben, so kann man beweisen, daß höchstens n Kanten ungekreuzt sein können. Als Kreis von Kanten ohne Kreuzung ist nur der C_n möglich. Alle Anzahlen a von Kanten ohne Kreuzung sind für $2 \leq a \leq n$ in $D(K_n)$ ohne Kreise möglich. Gibt es $D(K_n)$ mit $\binom{n}{4}$ Kreuzungen so, daß keine oder nur eine Kante ohne Kreuzungen bleibt?

9. Schlußbemerkungen

Viele weitere Probleme über Kreuzungen in Darstellungen von Graphen in der Ebene, die bei allen Arten von Vernetzungen von Interesse sein können, bleiben ungenannt. Zum Beispiel, welche Anzahlen von Kreuzungen sind zwischen Maximum und Minimum etwa für den vollständigen Graphen K_n überhaupt möglich? Oder, gibt es gute asymptotische Abschätzungen für die Anzahl $C(G)$ von Darstellungen für einzelne Graphenklassen, wie C_n, K_n oder Q_n? Abschließend sollen aber noch einmal zwei Probleme mit 11 Punkten für Tüftler wiederholt werden: (1) Kann man 11 Punkte paarweise in der Ebene so verbinden, daß weniger als 100 Kreuzungen entstehen? – (2) Kann man 11 Punkte in der Ebene paarweise so verbinden, daß die Verbindungen von je 5 Punkten niemals 5 Kreuzungen bestimmen?

Prof. Dr. H. Harborth
Diskrete Mathematik
Technische Universität Braunschweig
Pockelsstraße 14 · D-38106 Braunschweig
e-mail: h.harborth@tu-bs.de

CARSTEN-PETER WARNCKE, Göttingen

Der falsche Platz

Braunschweig, 12.4.1996*

Einer der Hauptunterschiede zwischen frühneuzeitlicher und moderner Architektur ist die extrem abweichende Wertschätzung des Bauschmuckes. Heute kaum angewandt, und wenn als bereichernde Form in Erscheinung tretend, dann allein aus der Funktionsgestaltung abgeleitet, prägte er durchgehend das Bild der Gebäude damals. Verantwortlich dafür war maßgeblich der sog. Vitruvianismus, also jene Vorstellung von richtiger, regelrechter Baukunst, die seinerzeit im Gefolge der Rezeption des antiken Architekturtheoretikers Vitruv das nahezu absolut herrschende Denksystem war. Vitruv, und darin folgten ihm Theoretiker und Praktiker in der frühen Neuzeit, verbindet in seinem Architekturlehrbuch ganz charakteristischerweise Kategorien der Technik und Funktion mit solchen der Repräsentation. Das zeigt sich schon in den von ihm postulierten drei Grundprinzipien der Baukunst, als die er einerseits Festigkeit (firmitas) und Zweckmäßigkeit (utilitas) ansieht, andererseits aber auch das kategorial ganz differente angenehme und gefällige Aussehen (venustas). Entscheidender Maßstab hierfür ist für ihn das „decorum", definiert als das fehlerfreie Aussehen eines Bauwerkes mit den Bemessungskriterien Befolgen von Satzungen, Gewohnheiten oder Anpassung an die Natur, womit sich Dekor bei Vitruv als eine Regel inhaltlich-funktionaler Stimmigkeit durch Übereinstimmen mit Konventionen, Gesetzen und Gebräuchen zu erkennen gibt. In solchem Zusammenhang ist der Begriff signifikant, weil er als Vorschrift der Angemessenheit auch zentrale Bedeutung für die Kunst der geordneten Kommunikation hatte, die Rhetorik, die in der Antike und in der frühen Neuzeit zu den Grunddisziplinen der gehobenen Ausbildung gehörte. Der Bezug zum Schmuck ist schon etymologisch evident, denn in „Dekor" stecken Zierde und Verzierung, weswegen sich für die frühe Neuzeit allgemein und eben auch in der Baukunst, ein untrennbarer Bezug zwischen dem, was richtig ist, was sich gehört, und dem, was schmückt, als Verzierung in Erscheinung tritt, gebildet hatte. Dekor als das Schickliche und Dekoration als ein Mittel, dieses Schickliche auszudrücken, gingen zusammen. Das betraf allerdings nicht nur die Einzelformen eines Gebäudes, denn aus dem Kontext geht bei Vitruv ja hervor, daß die Regel des decorum für alle Teile des Baues, ja schon für die Ortswahl, die Bestimmung des Bauplatzes gilt, mithin den Organismus eines Bauwerkes in toto und en detail bestimmt.

Eines der Beispiele, an denen man am besten sehen und erkennen kann, wie aus solchen Anschauungen programmatische Formen hergeleitet wurden, war (und ist) das Schloß von Versailles. Denn die gesamte Schloßanlage entspricht in ihrer Struktur, der Verteilung der Gebäudemassen, ihrer Anordnung im Raum, ihrem Zweck als Residenz

---

* Zusammenfassung eines Vortrags vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

eines absolutistischen Monarchen, in dessen Staatswesen alles auf das alleinige Zentrum seiner Machtstellung ausgerichtet ist. Dem sich frontal nähernden bietet sich das Schloß als rein in die Raumtiefe gestaffelte Anlage, geteilt in eine Gruppierung um drei Höfe, die stufenförmig sich verengend auf das Zentrum des Schlosses in der Tiefe ganz hinten und zugleich auf die Mitte hin, den Risalit des corps de logis, führt, wobei die Achsialsymmetrie die hierarchische Ausrichtung unmißverständlich definiert. Der äußerste und breiteste Hof, die cour des ministres, wird von zwei fast schmucklosen Trakten aus Hau- und Ziegelsteinen eingefaßt, die, wie der Name schon sagt, den Hof- und Regierungsbeamten dienten. Danach folgt der zweite, engere Hof, die cour royale, die früher durch ein eigenes Gitter getrennt war und schließlich der dritte, innerste Hof, die sog. cour de marbre, das Ziel der Bauschöpfung und zugleich auch Gipfel der dekorativen Ausschmückung mit farbigen Säulen, vergoldetem Dachfirst, Büstendekor, usw. Dieser Hof hat seinen Namen von einem farbigen, der prächtigen Außenerscheinung des Mittelgebäudes angepaßten Marmorbelag, der einst den Platz nicht nur auszierte, sondern ihn auch um drei Stufen erhöhte, was bewirkte, daß man nicht mit dem Wagen hierher, in die Zone der Zimmer des Herrschers, fahren konnte, entsprechend dem höfischen Zeremoniell, das bestimmte, sich dem Monarchen nur zu Fuß zu nähern.

Man sieht, welch entscheidenden Rang in diesem frühneuzeitlichen architektonischen Denken die Plazierung einnahm. Alles ist anscheinend da, wo es seiner im Herrschaftsgefüge definierten Stellung nach hingehört, das decorum orientiert sich ersichtlich an den gesellschaftlichen Regeln. Schon Vitruv hat der Wahl des Bauplatzes große Bedeutung beigemessen und dafür Funktion und topographische Beschaffenheit als Maßstäbe gesetzt und sein frühneuzeitlicher Nachfolger Alberti statuierte ausdrücklich, daß schon im Entwurf den Gebäuden und ihren Teilen der jeweils geeignete Platz zugewiesen werden muß, womit Plazierung und Anordnung verbunden waren. Es scheint logisch, daß sich ein solches Denken für Architektur in einer Epoche etablierte, für die Ordnung als Anordnung generell wesentlich war, deren Gesellschaften gestaffelt gegliedert wurden und die sogar so weit ging, für jeden Stand Kleiderordnungen zu entwickeln.

Und doch wirft das so schlüssige System etliche Probleme auf, denn in der Praxis funktionierte es weit weniger eindeutig, was nicht zuletzt daran liegt, daß hier prinzipiell relative Größen als bestimmend gesetzt wurden. Eben Versailles ist dafür ein exemplarischer Demonstrationsfall. Bekanntlich wurde die Anlage in langen Jahren errichtet, nicht in einem Stück geschaffen, so daß im nahezu 50 Jahre währenden Bauprozeß allein der König stets als konstant beteiligte Instanz wirkte, weswegen ihm hier auch die entscheidende Rolle zugemessen werden muß. Nichts in und an und bei diesem Gebäude entspricht (oder entsprach, korrekter gesagt) nicht seinen Vorstellungen, auch wenn die Ideen und Formen im einzelnen zweifellos nicht von ihm entwickelt wurden. Dabei ist in unserem Zusammenhang interessant, daß Versailles zwar im Grundsatz den durch Vitruv für die Epoche verbindlich definierten Gesetzen folgt, aber insgesamt gänzlich unvitruvianisch ist. Schon die Wahl des Bauplatzes ist ein Regelverstoß. Die Residenz Versailles wurde ja quasi in der Einöde errichtet, abseits der traditionellen Haupt- und Residenzstadt Paris und der Komplex ist von modernen Forschern daher mit gutem Grund mit modernen Retortenhauptstädten wie Brasilia verglichen worden. Dem decorum nach war Versailles absolut unangemessen, ersichtlich der falsche Platz – aber bekanntlich lag gerade darin die politische Absicht des Königs, der mit Verlegung seiner Residenz aus dem unruhigen Paris die als Machtinstanz mit ihm potentiell rivalisierende Aristokratie an sich band und in einem aufwendigen Hofleben, das streng zeremoniell geregelt und absolut auf den König ausgerichtet war, politisch neutralisierte. Zunächst hatte Ludwig XIV. nicht neu gebaut, sondern ein ziemlich anspruchsloses Jagdschloß seines Vorgängers übernommen. Zuerst wurde es vorzugsweise für Hoffeste genutzt, seit 1668 als Gelegenheitsresidenz ausgebaut und schließlich zur Dauerresidenz erweitert. Seit 1682 war Versailles offiziell Sitz des französischen Hofes und amtlicher Regierungsort.

Das ganze kostete nicht nur enorme Summen, es stellte auch hohe Anforderungen an die Baumeister und Arbeiter, denn das Gelände war sumpfig und an sich für einen solchen Komplex denkbar ungeeignet, weswegen dafür gigantische Erdbewegungen nötig wurden, die schon rein technisch klarstellten, was dieser eklatante Verstoß gegen das decorum bei der Ortswahl bedeutet: Es ist bewußter Willkürakt eines Monarchen, der gerade damit seine absolute, Kultur und Natur gleichermaßen sich untertan setzende Macht demonstriert. Dies nun ist ebenso eindrucksvoll wie im Prinzip lange bekannt, aber ein Moment wird dabei konstant übersehen, nämlich die Anwendung des falschen Platzes als Sprachmittel auch in der Detailformung, nämlich z.B. bei den Säulenordnungen, also der Gestaltung der Stützglieder als Elemente des Wandaufrisses in der Außenansicht des Gebäudes. Seit Theoretikern wie Sebastian Serlio hatte sich damals ein System entwickelt, das den aus der Antike übernommenen Formen der Säulen (dorisch, ionisch, korinthisch, dazu toskanisch und komposit) nach einer per Analogie der äußeren Erscheinung vorgenommenen Übertragung bestimmte Eigenschaften zumaß, z.B. dorisch = derb = kriegerisch, oder korinthisch = zart = üppig. Das verband man mit einer Hierarchisierung, indem nach einer Rangstufe der aufsteigenden Linie vom Derben zum Zarten und Reichen die dorische Ordnung an den minderwertigeren Beginn, die korinthische an den hochgeschätzten Schluß der Tabelle gesetzt wurde. Demgemäß müßte in Versailles sich die Fassadengliederung von dorisch am Anfang (den Kopfbauten der cours de ministres) bis zu korinthisch am Ziel der Staffelung (dem dorps de logis mit den Zimmern den Königs) aufbauen – doch das Gegenteil ist der Fall! Während an den Kopfbauten die Korinthia prunkt, prägt die Dorika das Zentrum. Aber die Erklärung ist dennoch zwingend: Während nämlich die korinthische Ordnung vorn den allgemeinen hohen Rang des Schlosses signalisiert, betont die Dorika im Herzen den wehrhaften, machtbewußten Charakter des Herrschers, ohne daß der hohen Prunkentfaltung Abbruch getan wäre, denn die reiche Ausgestaltung kompensiert die „falsche" Plazierung der eben dadurch symbolisch sprechenden Säulenordnungen. Das ist Anwendung einer rhetorischen Figur, nämlich des Sprechens in Gegensätzen, um einen um so suggestiveren Eindruck zu erreichen. Versailles belegt, wie eminent wichtig Grundsätze der rhetorischen Ausdrucksgestaltung damals auch in der Baukunst waren, ein Gebiet, das heute noch viel zu wenig erforscht ist.

Prof. Dr. phil. C.-P. Warncke
Rohnsweg 25 · 37085 Göttingen

WERNER ZIELKE, Hannover

Numerische Küstenmodelle im Dienst der Klimawirkungsforschung

Motivation

Der atmosphärische Gehalt an Kohlendioxid ist seit Beginn der Industrialisierung von etwa 280 ppmv auf etwa 358 ppmv in 1994 gestiegen, und schon Ende des vergangenen Jahrhunderts warnte der schwedische Chemiker Arrhenius vor einem verstärkten Treibhauseffekt als Folge des Anstiegs des Kohlendioxidgehalts. Als weitere Treibhausgase sind vor allem Methan, FCKW und Distickstoffoxide erkannt worden, und es besteht ein wissenschaftlicher Konsens, daß ein weiterer Anstieg zu Klimaänderungen führen wird. Hierfür gibt es mehrere Belege, z. B. lassen die paläoklimatischen Befunde aus Eisbohrkernen den Schluß zu, daß hohe Konzentrationen in der Erdgeschichte mit hohen Mitteltemperaturen korreliert sind. Es gibt die bekannte Wirkung der Treibhausgase. Schließlich gibt es die gekoppelten Ozean-Atmosphäre-Modelle mit ihren Szenarienrechnungen. Gegenwärtige Einschätzungen (1996) sprechen von einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur zwischen 2 und 5 C bis 2100, einem Anstieg des Meeresspiegels um 65 cm (+/– 35 cm) und Veränderungen der großen Strömungen im Meer, von Jahresgängen der Temperatur und der Niederschläge, von Zugbahnen der Tiefdruckgebiete und der interannualen Variabilitäten.

Die Klimawirkungsforschung (Klimaimpakt-, Klimafolgenforschung) entspricht dem Vorsorgeprinzip, indem sie die Ergebnisse der Klimaforschung aufgreift und im Vorgriff die Wirkungskette zu erhellen versucht, die sich vom Klima auf natürliche und zivilisatorische Systeme erstreckt. Dabei sollen im Sinne des Bund-Länderprogramms zur Klimawirkungsforschung nicht nur physikalische sondern auch biologische und sozioökonomische Effekte behandelt werden.

Die Küstenregionen der Welt sind nicht nur am stärksten bewohnt, sie sind auch am verwundbarsten, was die Folgen einer erwarteten Klimaänderung angeht. Dies gilt auch für einige Regionen an der deutschen Nordsee- und Ostseeküste. Für diese versucht der Vortragende mit seinem Institut und in Zusammenarbeit mit Meteorologen (Universität Hannover und Universität Leipzig) die Wirkungskette von der Atmosphäre über Strömungen, Seegang und Wasserstände bis hin zu den morphologischen Veränderungen mit Hilfe zu koppelnder numerischer Modelle zu erfassen.

* Kurzfassung eines Vortrags vor der Plenarversammlung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Szenarien

Mit Hilfe globaler meteorologischer Modelle werden vom Max-Planck-Institut Hamburg Klimaänderungsexperimente auf 50 bis 100 Jahre durchgeführt. In Kontrolläufen wird mit der heutigen CO_2-Konzentration gerechnet, in Szenario-Läufen mit vorgegebenen Anstiegen der CO_2-Konzentration. Derzeit werden Modelle in ca. 500 km Auflösung und ca. 250 km Auflösung verwendet, erste Rechnungen in ca. 100 km Auflösung haben begonnen. Derzeit besteht mehr Vertrauen in die berechneten Temperatur- und Druckfelder als in die Niederschlags- und die für die Küstenforschung maßgeblichen Windfelder. Die Prognose hochfrequenter Variabilität in Klimamodellen und somit die Berechnung der Veränderung von Sturmaktivitäten nach Stärke und Richtung ist noch problematisch. Auch gibt es für die notwendige Regionalisierung, d. h. das Gewinnen räumlich hochaufgelöster Information für kleinere Gebiete, noch keine anerkannten Methoden. Dies bedeutet, daß es derzeit nicht vertretbar ist, Modellketten kritiklos anzuwenden, die die ganze Wirkungskette vom globalen Klimamodell über Modelle der Meere (z. B. Nordsee oder Ostsee) hin zu lokaleren Modellen von Strömung, Wasserstand und Seegang und dann noch Modellen der Küstenveränderung nachvollziehen (Abb. 1). Die Fortpflanzung der Fehler könnte zu unvertretbaren Ergebnissen führen.

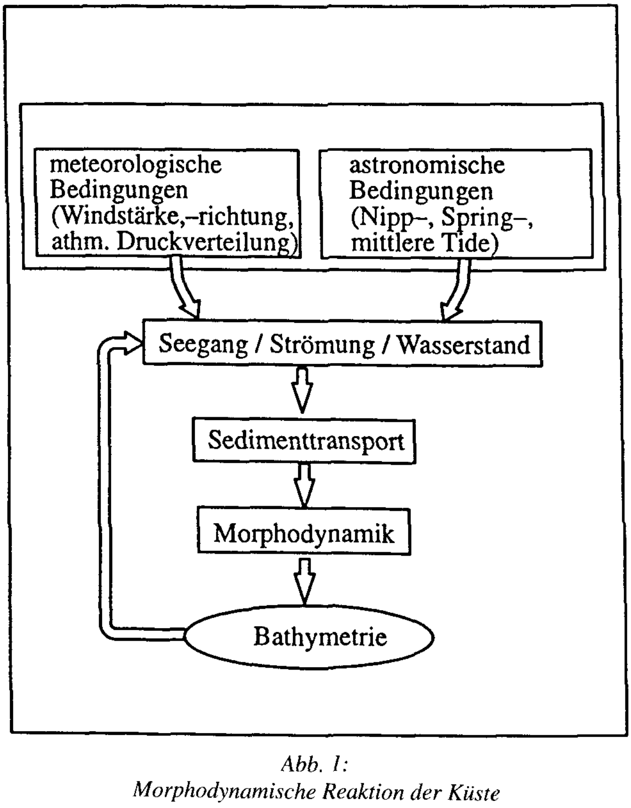


Abb. 1:
Morphodynamische Reaktion der Küste

Wohl aber kann man in jeder Zwischenebene gezielt Szenarien ansetzen, um die Transformation durch die Einzelmodelle zu untersuchen und Empfindlichkeitsanalysen für das Gesamtsystem durchzuführen.

Bezüglich der Atmosphäre gibt es neben den globalen CO_2-Szenarien demnach auch die Möglichkeit regionale Szenarien bezüglich Sturmhäufigkeit, -intensität, -richtung anzusetzen. Neben der globalen Veränderung des Meeresspiegels kann man auch regionale Szenarien von Seegang, Strömung, Salinität und Temperatur ansetzen, um z. B. die rückkoppelnde Wirkung der Küstenveränderung zu untersuchen. In diesem Sinne ist Klimawirkungsforschung derzeit noch auf den Versuch beschränkt, das komplexe System Atmosphäre, Meer, Küste besser zu erfassen, ohne daß konkrete quantitative Aussagen der Klimaänderung und der damit verbundenen Küstenreaktion gemacht werden können.

Nordseeküste: Innere Deutsche Bucht

Ein wesentliches Ziel ist es, Aussagen zur zukünftigen Bemessung von Deichen an der Deutschen Nordseeküste unter Berücksichtigung von klimatologischen Randbedingungen zu treffen. Ein Meeresspiegelanstieg beeinflußt die Tidedynamik regional unterschiedlich. Aufgrund von Unsicherheiten über die klimatische Entwicklung wird zur Abschätzung der meteorologischen Randbedingungen von Szenarien aus großräumigen Klimamodellen ausgegangen. Für ausgesuchte Wetterlagen werden dann mesoskalige Modellrechnungen der atmosphärischen Verhältnisse durchgeführt. Durch die Kopplung dieser Klimaszenarien mit hydrodynamisch-numerischen Modellen für Strömung und Seegang kann das Ziel unter Berücksichtigung eines angenommenen Meeresspiegelanstiegs erreicht werden.

Die Kopplung der Modelle des Nordfriesischen Wattenmeeres, der Deutschen Bucht und des kontinentalen Schelfs mit den Modellergebnissen der meteorologischen Rechnungen ist in Abb. 2 dargestellt.

Ergebnisse über den Einfluß eines Meeresspiegelanstiegs auf die Gezeitendynamik in der inneren Deutschen Bucht liegen bereits vor. Die Nordsee reagiert als nichtlineares System derart, daß Gezeitenhub, Niedrig- und Hochwasser und daraus resultierend die Gezeitenströme signifikant vom mittleren Niveau des Meeresspiegels abhängen. Derzeitige Untersuchungen konzentrieren sich auf die morphologische Reaktion der Flachwassergebiete, die rückkoppelnd die Gezeiten beeinflussen können. Insgesamt zeigt sich, wie zu erwarten, daß bei unveränderten Windverhältnissen das mittlere Strömungssystem sehr viel stärker auf eine Meeresspiegeländerung reagiert als die Sturmfluten. Deren Scheitel steigen nur wenig mehr als der mittlere Anstieg des Meeresspiegels, da die größere Wassertiefe ein lineares Systemverhalten bedingt. Auf der Basis dieser Ergebnisse werden z. Zt. auch Änderungen der Windverhältnisse in die Untersuchungen einbezogen.

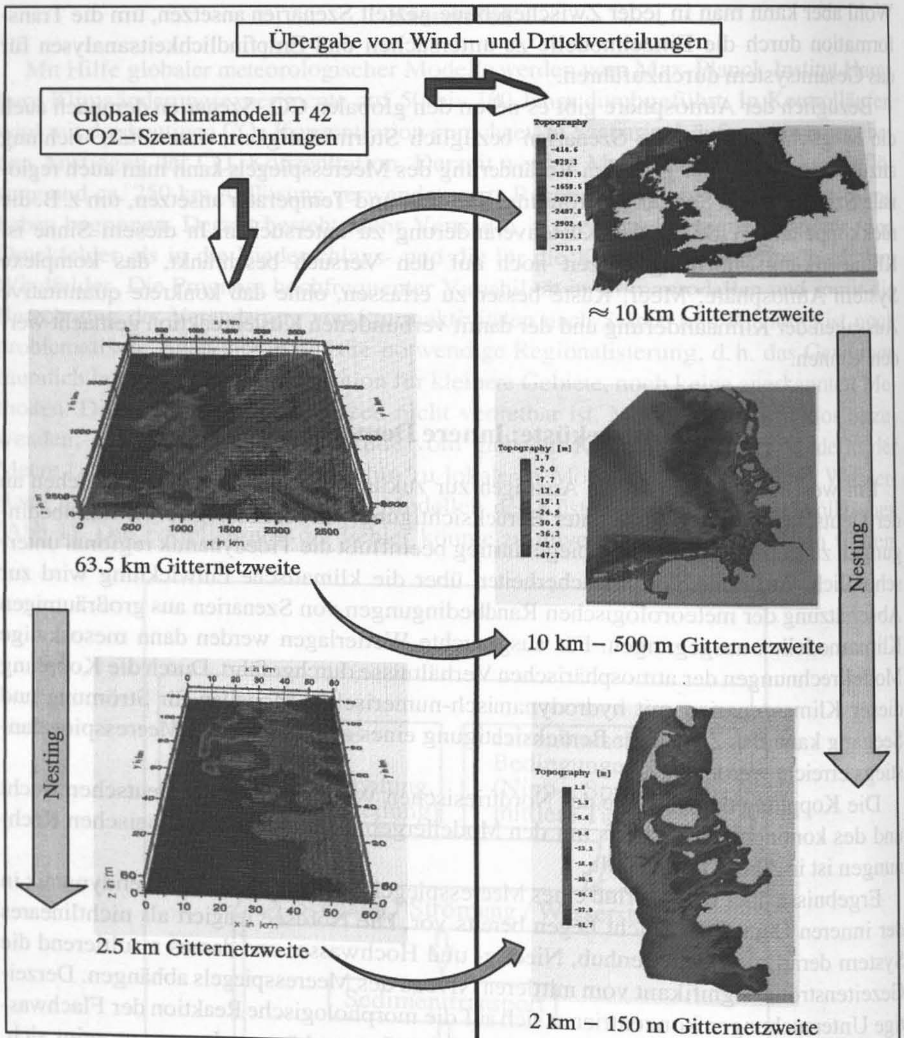


Abb. 2:
Modellkopplung Atmosphäre und Küstengewässer

Ostseeküste: Darß-Zingster und Westrügensche Bodden

Auch die morphologische Gestalt der Ostseeküste ist geprägt durch das Wirken von Wind, Wellen und Strömung, die letztlich die Auswirkungen des herrschenden Klimas sind.

Für die Ostseeküste wird die Region um die Darß-Zingster und die Westrügenschen Bodden hinsichtlich morphologischer Änderungen sowohl in der Vergangenheit als auch für Szenarien der Klimawirkungsforschung untersucht. Die Komplexität dieser Problemstellung und die breite Herangehensweise zur Lösung zeigt sich in den unterschiedlichen Schwerpunkten der an diesem Vorhaben beteiligten Arbeitsgruppen der Universitäten Hannover, Leipzig und Greifswald.

Die geologischen und geomorphologischen Aspekte werden von Teilprojekten bearbeitet, die sich mit der holozänen Entwicklungsgeschichte und mit historisch bis rezenten Küstenveränderungen dieser Region befassen. In den meteorologischen und morphodynamischen Teilprojekten kommen zum einen statistische Methoden – z. B. bei Untersuchungen von Häufigkeiten von Starkwindereignissen und extremen Pegelständen – zum Einsatz, zum anderen werden eine Vielzahl numerischer Modelle – beginnend mit einem halbempirischen Modell zur Beschreibung der Küstenlängsentwicklung bis hin zum konzeptionellen prozeßorientierten dreidimensionalen Modell – zur Lösung der o. g. Problematik entwickelt und angewendet.

Hydrodynamisch-numerische Simulationen werden sowohl für die Darß-Zingster und die Westrügenschen Bodden als auch für die Außenküste der Halbinseln Fischland, Darß und Zingst durchgeführt. Bei diesen Modellierungen der Strömungs- und Sedimenttransportprozesse müssen je nach Gebiet verschiedene Einflüsse mehr oder weniger stark berücksichtigt werden.

So wird bei der Darß-Zingster Boddenkette eine in dieses System einlaufende Welle durch die drei schmalen Verbindungen zwischen den einzelnen Bodden sehr stark gedämpft, so daß die Strömungs- und Wasserstandsverhältnisse insbesondere in dem westlichen Saaler Bodden überwiegend durch die dort vorherrschenden Windverhältnisse geprägt sind. Infolgedessen sowie aufgrund der komplizierten Land-See-Verteilung in diesem Gebiet ist die Annahme räumlich konstanter Windfelder offensichtlich nicht gerechtfertigt, so daß eine Kopplung eines zweidimensionalen vertikal integrierten Strömungsmodells mit einem Atmosphärenmodell durchgeführt wird.

Wie eingangs bereits erwähnt sollen bisherige und zukünftige morphologische Entwicklungen dieser Region erfaßt bzw. prognostiziert werden. Für den Bereich der Außenküste ist diesbezüglich der Seegang der dominierende Prozeß, der in den Strömungs- und Sedimenttransportmodellen in angemessener Art und Weise berücksichtigt werden muß. Die somit erforderliche Kopplung eines Strömungsmodells mit einem Seegangsmodell läßt sich mittels welleninduzierter Kräfte realisieren, die aus den Ortsableitungen der sog. *Radiation Stress* Komponenten berechnet und als Quellterme in der Impulsgleichung des Strömungsmodells implementiert werden.

Darüber hinaus liefert ein Seegangsmodell gewisse Parameter, die für bestimmte empirische Formulierungen benötigt werden, mit deren Hilfe der bodennahe Sedimenttransport quantifiziert werden kann. Die Bodenevolutionsgleichung schließlich, welche den morphodynamischen Berechnungen am Ende dieser Modellkette zugrunde liegt, berechnet Sohllagenveränderungen auf der Basis dieser Transportraten.

Ostseeküste: Oderhaff

In den letzten Jahren befaßte sich der Küstenschutz im Bereich der Ostsee vordringlich mit der Dimensionierung von Seedeichen. Als Grundlage standen zahlreiche Extremwertaufzeichnungen entlang der gesamten deutschen Ostseeküste zur Verfügung, die bis weit in das letzte Jahrhundert hineinreichen. Eine Dimensionierung der Hochwasserschutzanlagen ist mit ihrer Hilfe und unter zusätzlicher Berücksichtigung des säkularen Meeresspiegelanstieges durchaus möglich.

Dagegen ist für die Deichanlagen im Bereich des Oderhaffs eine solche Vorgehensweise nicht möglich. Auch hier existieren zwar an einigen Orten Wasserstandsaufzeichnungen für Extremereignisse über einen langen Zeitraum. Eine Extrapolation aus diesen Aufzeichnungen für das gesamte deutsche Haffgebiet ist jedoch nicht möglich, da die Verteilung der Aufzeichnungsorte zu wünschen übrig läßt, und es sich außerdem gezeigt hat, daß die Wasserstände innerhalb des Haffs stark variieren. Hinzu kommen anthropogene Eingriffe im Bereich der Durchbrüche zur Ostsee, die veränderte Rahmenbedingungen mit sich brachten.

Die Anwendung eines numerischen Modells zur Simulation von Wasserständen und Strömungen ist in solchen Fällen angezeigt. Dazu sind lediglich abgesicherte Aufzeichnungen von Extremereignissen an den Rändern des Untersuchungsgebietes erforderlich.

Basis für die Berechnungen ist die schwerste aufgezeichnete Sturmflut von 1872 unter Einbeziehung eines säkularen Meeresspiegelanstieges von 30 cm.

Modellgrundlage bildete die Finite-Elemente-Methode, da sie eine hohe Diskretisierung in Bereichen hoher Dynamik bei vergleichsweiser grober Auflösung von Gebieten geringer Dynamik ermöglicht.

Im Einflußbereich des Oderhaffs existieren ausgeprägte Überflutungsgebiete sowohl auf polnischer als auch auf deutscher Seite. Diese Retentionsräume mit einer Größe von mehr als 400 km^2 müssen bei einer solchen Simulation berücksichtigt werden. Infolge dieser Komplexität wurde das Projekt in zwei Abschnitte unterteilt.

Im ersten Abschnitt wurde der reine Wasserkörper ohne Überflutungsgebiete untersucht. Abb. 3 zeigt das Finite-Elemente-Netz für den Wasserkörper mit 11.100 Knoten und 19.000 Elementen, das anhand offizieller Seekarten digitalisiert worden ist. Das Simulationsgebiet erstreckt sich von den Mündungsbereichen des Peenestroms, der Swina und der Dziwna bis zum Rückstaupunkt bei Güstebiese und weist eine Nord-Süd-Ausdehnung von ca. 160 km auf. Die Untersuchungen sind für diesen Abschnitt bereits abgeschlossen. Für die Validierung wurde unter anderem die Sturmflut vom November 1995 verwendet.

Im zweiten Abschnitt wurden die deutschen Überflutungsflächen anhand eines bereits existenten digitalen Geländemodells berücksichtigt. Diese Modelle zeichnen sich durch

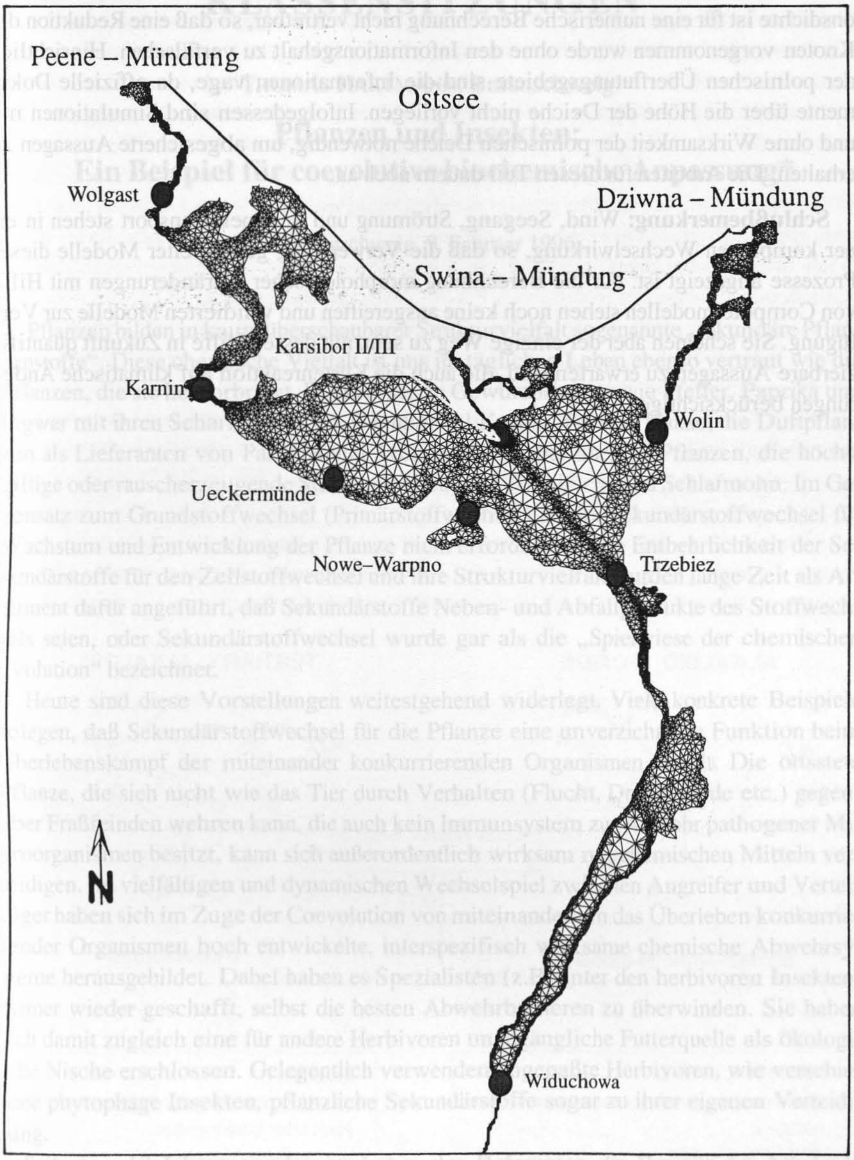


Abb. 3:
Finite-Element-Modell des Oderhaffs

eine hohe Datendichte mit mehreren hunderttausend Knoten aus. Eine solche Informationsdichte ist für eine numerische Berechnung nicht vertretbar, so daß eine Reduktion der Knoten vorgenommen wurde ohne den Informationsgehalt zu verfälschen. Hinsichtlich der polnischen Überflutungsgebiete sind die Informationen vage, da offizielle Dokumente über die Höhe der Deiche nicht vorliegen. Infolgedessen sind Simulationen mit und ohne Wirksamkeit der polnischen Deiche notwendig, um abgesicherte Aussagen zu erhalten. Die Arbeiten für diesen Teil dauern noch an.

Schlußbemerkung: Wind, Seegang, Strömung und Sedimenttransport stehen in einer komplexen Wechselwirkung, so daß die Verwendung gekoppelter Modelle dieser Prozesse angezeigt ist. Für die Berechnung morphologischer Veränderungen mit Hilfe von Computermodellen stehen noch keine ausgereiften und validierten Modelle zur Verfügung. Sie scheinen aber der einzige Weg zu sein, mit dessen Hilfe in Zukunft quantifizierbare Aussagen zu erwarten sind, die auch die Küstenreaktion auf klimatische Änderungen berücksichtigen.

Prof. Dr-Ing. W. Zielke
Institut für Strömungsmechanik und Elektronisches Rechnen im Bauwesen · Universität Hannover
Appelstraße 9A · 30167 Hannover

KLASSENSITZUNGEN

THOMAS HARTMANN, Braunschweig

Pflanzen und Insekten: Ein Beispiel für coevolutive biochemische Anpassung*

Braunschweig, 9. Februar 1996

Pflanzen bilden in kaum überschaubarer Strukturvielfalt sogenannte „sekundäre Pflanzenstoffe". Diese chemische Vielfalt ist uns im täglichen Leben ebenso vertraut wie die Pflanzen, die sie hervorbringt. Denken wir an Gewürzpflanzen wie Pfeffer, Paprika und Ingwer mit ihren Scharfstoffen, die Genußmittel Kaffee, Tee und Kakao, die Duftpflanzen als Lieferanten von Parfüms und Aromastoffen, aber auch an Pflanzen, die höchst giftige oder rauscherzeugende Stoffe enthalten, wie Tollkirsche und Schlafmohn. Im Gegensatz zum Grundstoffwechsel (Primärstoffwechsel) ist der Sekundärstoffwechsel für Wachstum und Entwicklung der Pflanze nicht erforderlich. Die Entbehrlichkeit der Sekundärstoffe für den Zellstoffwechsel und ihre Strukturvielfalt wurden lange Zeit als Argument dafür angeführt, daß Sekundärstoffe Neben- und Abfallprodukte des Stoffwechsels seien, oder Sekundärstoffwechsel wurde gar als die „Spielwiese der chemischen Evolution" bezeichnet.

Heute sind diese Vorstellungen weitestgehend widerlegt. Viele konkrete Beispiele belegen, daß Sekundärstoffwechsel für die Pflanze eine unverzichtbare Funktion beim Überlebenskampf der miteinander konkurrierenden Organismen erfüllt. Die ortsstete Pflanze, die sich nicht wie das Tier durch Verhalten (Flucht, Drohgebärde etc.) gegenüber Fraßfeinden wehren kann, die auch kein Immunsystem zur Abwehr pathogener Mikroorganismen besitzt, kann sich außerordentlich wirksam mit chemischen Mitteln verteidigen. Im vielfältigen und dynamischen Wechselspiel zwischen Angreifer und Verteidiger haben sich im Zuge der Coevolution von miteinander um das Überleben konkurrierender Organismen hoch entwickelte, interspezifisch wirksame chemische Abwehrsysteme herausgebildet. Dabei haben es Spezialisten (z.B. unter den herbivoren Insekten) immer wieder geschafft, selbst die besten Abwehrbarrieren zu überwinden. Sie haben sich damit zugleich eine für andere Herbivoren unzugängliche Futterquelle als ökologische Nische erschlossen. Gelegentlich verwenden angepaßte Herbivoren, wie verschiedene phytophage Insekten, pflanzliche Sekundärstoffe sogar zu ihrer eigenen Verteidigung.

Seit etwa 10 Jahren werden im Labor des Referenten die Pyrrolizidin-Alkaloide (PAs), beispielhaft für eine typische Klasse sekundärer Pflanzenstoffe, bearbeitet [1]. PAs, wie das in Abb. 1 dargestellte Senecionin, werden in der Pflanze als *N*-Oxide gebil-

---

* Bericht über einen Vortrag vor der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

det, transportiert und in der Zellvakuole in löslicher Form gespeichert. Die gut wasserlöslichen, salzartigen Alkaloid-*N*-Oxide sind relativ labil und werden leicht in Gegenwart schwacher Reduktionsmittel zum lipophilen tertiären Amin reduziert (Abb. 1). Spezialisierte Nachtfalter wie die Larven (Raupen) des auf dem Jakobskreuzkraut (*Senecio jacobaea*) lebenden Blutbärs (*Tyria jacobaea*) speichern PAs wie die Pflanze ebenfalls ausschließlich in Form ihrer *N*-Oxide. Durch Einsatz von markiertem Senecionin-*N*-Oxid, bei dem der normale *N*-Oxidsauerstoff (^{16}O) gegen das schwere Sauerstoff-Nuclid ^{18}O ausgetauscht war, konnte gezeigt werden, daß PA-*N*-Oxide im Darm der Nachtfalterraupe reduziert und in Form des lipophilen tertiären Amins passiv resorbiert werden. Nach oraler Fütterung von ^{18}O-*N*-Oxid-markiertem PA an Raupen, zeigte die anschließende Analyse des resorbierten PA-*N*-Oxids, daß das gesamte ^{18}O gegen normales ^{16}O ausgetauscht worden war. In der Hämolymphe des Insekts wird das tertiäre Amin rasch wieder *N*-oxidiert. Das für die *N*-Oxidierung verantwortliche Enzymsystem konnte isoliert, gereinigt und charakterisiert werden. Es handelt sich um ein Flavoprotein, das als mischfunktionelle Monoogygenase spezifisch solche PAs *N*-oxidiert, die potentiell toxisch sind. Es konnte damit erstmals ein Enzym in Insekten nachgewiesen werden, das spezifisch einen aus dem Pflanzenstoffwechsel stammenden Naturstoff „bearbeitet" und damit in eine für den Insektenstoffwechsel untoxische Form überführt. Die Toxität der PAs besteht darin, daß sie als tertiäre Amine (nicht aber als *N*-Oxide) leicht durch sogenannte Cytochrom-P_{450}-Oxydasen in ein Pyrrol-Intermediat überführt werden können, das wegen seiner Reaktivität mit biologischen Nucleophilen hochgradig cytotoxisch und

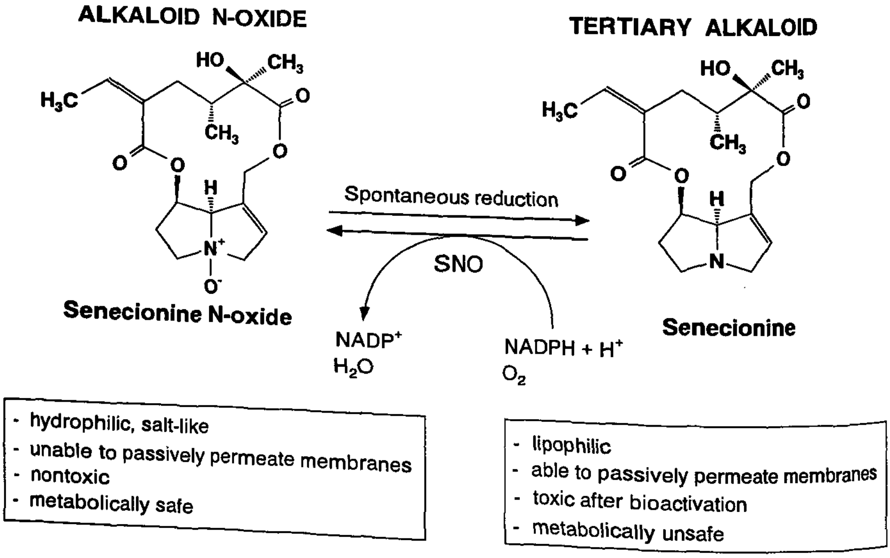


Fig. 1.
Eigenschaften von Senecionin-N-Oxid und dem entsprechenden tertiären Amin, sowie ihre Interkonversion durch spontane Reduktion und spezifische enzymatische N-Oxidierung. SNO = Senecionin N-Oxygenase.

mutagen ist. Cytochrom-P_{450}-Enzyme kommen in nahezu allen tierischen Organismen, so auch in Insekten, vor und spielen bei der Fremdstoff(Xenobiotika)-Metabolisierung eine zentrale Rolle. Im Falle der PAs versagt das sonst so effektive Enzymsystem und erzeugt ein Toxin.

In den geschilderten biochemischen Mechanismen liegt der evolutive Erfolg der PAs. PAs werden offensichtlich leicht und physiologisch problemlos in Form der untoxischen *N*-Oxide in Pflanze und Insekt gespeichert. Bei einem Angriff durch ein Herbivor oder Insektivor werden sie im Verdauungstrakt reduziert und damit in die potentiell toxische Form überführt, die nach Resorption und Bioaktivierung (Pyrrolbildung) im Körper des Fraßfeindes oder Räubers ihre Giftwirkung ausüben können (Abb. 1) [2].

Literatur

[1] Hartmann, T. and Witte, L. (1995): Pyrrolizidine alkaloids: chemical, biological and chemoecological aspects. In: Alkaloids: chemical & biological perspectives (S.W. Pelletier, ed.), vol. **9**, pp. 155–233, Pergamon Press, Oxford.

[2] Lindigkeit, R., Biller, A., Buch, M., Schiebel, H.-M., Boppré, M., and Hartmann, T. (1997): The two faces of pyrrolizidine alkaloids: a tertiary amine and its N-oxide and their role in chemical defense of insects with acquired plant alkaloids. Eur. J. Biochem. **245**, 626–636.

Prof. Dr. Thomas Hartmann
Institut für Pharmazeutische Biologie · TU Braunschweig
Mendelssohnstraße 1 · 38106 Braunschweig

HENNING HOPF, Braunschweig

Auf abiotischen Wegen zu den Molekülen des Lebens?*

Braunschweig, 11.10.1996

Der Versuch, nicht biologische Wege zu Bausteinen wichtiger Naturstoffe, insbesondere von Aminosäuren, einfachen Zuckern und Pyrimidin- bzw. Purinbasen zu erschließen, ist keineswegs neu, wie beispielsweise die Versuche von E. Fischer (1890) zur Herstellung von Zuckern („Formose") aus Formaldehyd und Wasser bzw. das Millersche Experiment (1953) zur Herstellung von α-Aminocarbonsäuren aus Methan, Ammoniak, Wasserstoff und Wasser durch elektrische Entladung in der Gasphase zeigen.

Daß diesen Experimenten in neuerer Zeit wieder steigendes Interesse entgegengebracht wird, hat vornehmlich in der Entdeckung zahlloser einfacher anorganischer und organischer Moleküle im interstellaren Raum seine Ursache. Mit Hilfe der Radioteleskopie wurden seit etwa 1970 mehrere Hundert kleinatomige Moleküle insbesondere im Gebiet von Orion und Taurus entdeckt, darunter die für die abiotische Synthese besonders wichtigen Cyanoalkine und -polyalkine sowie Blausäure und Dicyan. Aus diesen sehr energiereichen Verbindungen lassen sich mit Hilfe einfacher organischer Transformationen die Nucleobasen Adenin, Guanin, Cytosin und Uracil herstellen, sowie Intermediate, die den Zugang zu anderen wichtigen Naturstoffklassen (Flavine, Pterine) eröffnen. Ein besonders gut untersuchtes Beispiel für eine zu einer wichtigen Naturstoffklasse führende „Xenosynthese" stellt der schrittweise Aufbau des Strukturtyps der Uroporphyrinogene aus Cyanacetylen bzw. α-Aminocrylnitril dar (Eschenmoser, 1987).

Nach Eschenmoser hat der experimentelle Nachweis derartiger Reaktionsfolgen die „Funktion einer gezielten Ausweitung unserer chemischen Kenntnisse in einer präbiotischen Richtung, die Funktion der Aufdeckung von bisher nicht eingesehenen strukturellen Zusammenhängen zwischen heutigen Biomolekülen und einer kleinen, problemgerechten Auswahl einfachster Edukt-Moleküle".

Die in neuester Zeit auch in der populären Presse ausführlich diskutierte Möglichkeit, u. a. aus dem Nachweis von polykondensierten aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAHs) in Marsmeteoriten, auf Lebensspuren auf diesem Planeten zu schließen, wurde in dem Vortrag kritisch gewürdigt. Gerade Aromaten aller Art bilden sich unter extremen Druck- und Temperaturbedingungen aus nahezu beliebigen organischen (kohlenstoffreichen) Vorstufen, ohne jede Beteiligung biotischer Prozesse.

Prof. Dr. H. Hopf
Institut für Organische Chemie · TU Braunschweig
Hapenring 30 · 38106 Braunschweig

* Zusammenfassung eines Vortrags vor der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

HERMANN KÄRNER, Braunschweig

Energie, Umwelt, Klima*

Braunschweig, 12. April 1996

Einleitung

Der Energiebedarf der Menschheit zeigt seit etwa 100 Jahren einen exponentiellen Anstieg, der durch die zunehmende Industrialisierung, insbesondere aber durch den ungebremsten Anstieg der Weltbevölkerung verursacht ist: betrug der Weltenergieverbrauch im Jahre 1900 weniger als 1 Mrd. t SKE bei einer Weltbevölkerung von etwa 1 Mrd., so liegt er heute bei 13 Mrd. t SKE, und es leben fast 6 Mrd. Menschen auf der Erde (SKE = Steinkohle-Einheit; 1 t SKE bedeutet den Energieinhalt einer Tonne Steinkohle; alle Primärenergiequellen werden aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit im folgenden immer auf diese Energieeinheit umgerechnet). Weltkriege, Wirtschafts- und Ölkrisen konnten diese Entwicklung nur kurzzeitig verzögern, aber nicht grundsätzlich ändern. Angesichts einer unvermindert steigenden Weltbevölkerung und einer zunehmenden, energieintensiven Industrialisierung der Schwellen- und Entwicklungsländer wird der Weltenergieverbrauch weiter steigen. Da der durchschnittliche weltweite Pro-Kopf-Jahresverbrauch seit mehreren Jahrzehnten bei 2 t SKE liegt, das sind umgerechnet 50 kWh je Person und Tag, läßt sich für die nähere Zukunft der Energiebedarf unmittelbar aus der Bevölkerungsentwicklung ableiten. Neben dem Energieverbrauch von 50 kWh pro Person und Tag nimmt sich der tägliche Nahrungsbedarf von etwa 3 kWh je Person und Tag eher bescheiden aus, und es wird deutlich, daß die Bereitstellung von genügend bezahlbarer Energie eine für die Zukunft der Menschheit entscheidende Herausforderung werden wird.

Heute und in der voraussehbaren Zukunft werden 90 % des Weltenergiebedarfs aus fossilen Primärenergien gedeckt: Erdöl und Erdgas sind mit zusammen 60 % beteiligt, während mit Kohle 30 % gedeckt werden. An nichtfossilen Primärenergien sind nur die Kernenergie und die Wasserkraft zu erwähnen, andere regenerative Energieformen spielen keine Rolle und können, wie gezeigt werden wird, auch in nächster Zukunft nur marginale Beiträge leisten. Das Dilemma, dem sich die Menschheit gegenüber sieht, wird durch die mit dem fossilen Energieverbrauch verbundene Emission von Schadstoffen verursacht, die im wesentlichen in der Atmosphäre deponiert werden. Während Staub, Schwefel, Stickoxide und einige weitere anthropogene Schadstoffe durch mehr oder weniger aufwendige technische Maßnahmen zumindest teilweise ausfilterbar sind, wird das Verbrennungsprodukt CO_2 ungehindert in die Atmosphäre entlassen. Dort kann es, wie aus der Diskussion in den Medien hinlänglich bekannt ist, über den Treibhauseffekt eine

* Kurzfassung eines Vortrags vor der Klasse für Ingenieurwissenschaften

Klimaveränderung und damit eine massive Beeinflussung der Lebensverhältnisse auf der Erde bewirken.

Anthropogene Belastung der Atmosphäre mit Schadstoffen

Eine wachsende Menschheit braucht mehr Nahrung und Energie, und sie produziert unvermeidbar mehr Müll. Aus ökologischen Gründen muß Müll künftig kontrolliert, ortsfest und jederzeit rückholbar gelagert werden: Entsorgungskonzepte sind ebenso wichtig wie Versorgungskonzepte. Die derzeit auf fossilen Primärenergien basierte Energieversorgung der Menschheit verfehlt dieses Ziel bei weitem, denn der Abfall der Energiewandlung aus Öl, Gas und Kohle wird unkontrolliert, fein verteilt und kaum rückholbar in der irdischen Atmosphäre deponiert. Es ist zu befürchten, daß dadurch klimatische Veränderungen ausgelöst werden, die erhebliche globale Auswirkungen haben können.

Verbrennungsprozesse verursachen über Rauchgase eine Staubbelastung der Atmosphäre. Daran sind elektrische Energieerzeugung, industrielle Prozesse und Verkehr gleichermaßen beteiligt. Durch Filtrierung, Auswaschung und Zyklonabscheidung sind schädliche Stäube heute aber mit technisch und wirtschaftlich vertretbarem Aufwand so weit rückhaltbar, daß eine Gefährdung ausgeschlossen ist. Ebenso verhält es sich mit Schwefeldioxid und Stickoxiden, die zwar mit hohem, aber noch vertretbarem Aufwand aus Rauchgasen extrahiert werden können. Allerdings muß bedacht werden, daß bei globaler Betrachtung der Anteil an der Entschwefwelung und Entstickung von Rauchgasen durch die Industrieländer nur einen marginalen Beitrag zur weltweiten Reinhaltung der Luft liefern kann, weil Entwicklungsländer wie beispielsweise die Volksrepublik China ungeheuere Mengen drastisch verschmutzter Rauchgase ungefiltert in die Atmosphäre entlassen. Besserung dieser Situation ist in voraussehbaren Zeiträumen nicht zu erwarten.

Die als Treib- und Kühlgase verwendeten Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe sind wegen ihrer ozonzerstörenden Wirkung in hohen Atmosphärenschichten als klima- und gesundheitsschädlich erkannt worden und unterliegen in vielen Ländern deshalb bereits einem Anwendungsverbot; sie sollten daher in Zukunft keine gefahrbringende Rolle mehr spielen. Radioaktive Stoffe sind durch Filtrierung und chemische Bindung der Emissionen von Kernkraftwerken zuverlässig in unverdächtigen Grenzen zu halten; die Rauchgase aus konventionellen Kohlekraftwerken führen derzeit zu einer höheren radioaktiven Belastung der Atmosphäre als die Emissionen von Kernkraftwerken.

Neben diesen kontrollierbaren Schadstoffemissionen gibt es allerding zwei Bereiche, die sich derzeit und in der voraussehbaren Zukunft einer Kontrolle entziehen, nämlich die Anreicherung der Atmosphäre mit CO_2, dem Verbrennungsprodukt aller fossilen Primärenergien, und die Erzeugung von Methan durch die Verdauungsprozesse in den Vormägen von Rindern. Beide Vorgänge hängen unmittelbar mit der Entwicklung der Erdbevölkerung zusammen: Mehr Menschen brauchen mehr Energie und mehr Nahrung. Kohlenstoffdioxid ist mit 50 %, Methan mit 20 % am Treibhauseffekt der atmosphärischen Spurengase beteiligt. Die jährliche Ablagerung von CO_2 in der Atmosphäre beläuft sich derzeit auf etwa 30 Mrd. Tonnen mit deutlich zunehmender Tendenz. Seit 1750 hat der CO_2-Gehalt von 280 ppm (parts per million) auf heute ca. 360 ppm zugenommen. Damit ist innerhalb weniger Jahrhunderte durch anthropogene Einwirkung ein Kohlenstoffdioxid-Gehalt der Atmosphäre verursacht worden, wie er zuletzt vor etwa 60 Millionen Jahren, also zum Ende des Zeitalters der Saurier, vorhanden war.

Klimawirksamkeit von CO_2

Die Klimawirksamkeit von Kohlenstoffdioxid beruht auf dem Effekt, daß die Abstrahlung infraroten Lichts von der Erde in das Weltall behindert wird und dadurch die Gefahr einer spürbaren Erhöhung der Durchschnittstemperatur entsteht. Die bekannten Folgen wären u.a. eine Verschiebung der Klimazonen und damit drastische Änderungen der Lebensbedingungen. Wohl ist dies in der Wissenschaft noch umstritten, weil die komplexen klimatischen Vorgänge in ihrer Wechselwirkung schwer durchschaubar sind und die Speicherfähigkeit der Weltmeere für CO_2 noch nicht richtig eingeschätzt werden kann. Die rasche Zunahme von CO_2 in der Atmosphäre läßt sich aber nicht wegdiskutieren, sie ist meßtechnisch einwandfrei erfaßt und auch ihre Verursachung durch anthropogene Aktivitäten steht heute außer Zweifel. Betrachtet man die CO_2-Veränderung in einem erdhistorischen Maßstab, so stellt die in den beiden letzten Jahrhunderten erfolgte und in den nächsten 50 Jahren unvermeidbar noch kommende CO_2-Emission geradezu eine Impulsbelastung der Atmosphäre dar, auf die die Natur in irgendeiner Weise reagieren wird. Da das einmal in der Atmosphäre deponierte Kohlenstoffdioxid mit vertretbarem technischen Aufwand nicht mehr rückholbar ist, muß im Sinne der Vorsorge rechtzeitig zu Gegenmaßnahmen gegriffen werden.

Die einzige irdische CO_2-Senke ist die Photosynthese im Chlorophyll der Pflanzen: Wasser und Kohlenstoffdioxid werden unter Einsatz von Lichtenergie in Glukose $C_6H_{12}0_6$ umgewandelt. Dieser Stoff steht also am Anfang einer jeden Nahrungskette. Durch Veratmung und Verbrennung in Lebewesen, aber auch durch Verrottung, Verwitterung und Verfaulung von toter biologischer Materie wird dieser Prozeß unter Freisetzung von Energie umgekehrt. Über lange irdische Zeiträume waren Erzeugung und Verbrauch von CO_2 im Gleichgewicht, nachdem das aus der Erduratmosphäre stammende Überangebot an CO_2 durch die Photosynthese in hochwertige organische Stoffe umgewandelt und in geologischen Schichten als Kohle, Erdöl, Erdgas, Torf usw. gespeichert worden war. Die menschlichen Aktivitäten haben dieses Gleichgewicht nachhaltig gestört: durch Verbrennung fossiler Energieträger kommen jährlich etwa 5 Mrd. t Kohlenstoff, durch Brandrodung etwa weitere 2 Mrd. t Kohlenstoff mehr in die Atmosphäre, als ihr durch die Photosynthese wieder entzogen werden.

Es gibt mehrere Klimamodelle, auf deren Details hier nicht eingegangen werden kann. Ein physikalisch sehr einleuchtendes Modell geht davon aus, daß bei Unterschreiten einer kritischen CO_2-Grenze der Atmosphäre, die zu etwa 200 ppm angenommen wird, der natürliche Treibhauseffekt aussetzt, die Erde abkühlt und deshalb eine Eiszeit eingeleitet wird. Die dadurch reduzierte Menge an Chlorophyll bewirkt eine Verringerung der Entnahme von CO_2 aus der Atmosphäre durch Photosynthese, während die CO_2-Produktion durch Verrottung toter Materie in der Pedosphäre etwa konstant bleibt, was zu einer Anreicherung von CO_2 in der Atmosphäre und damit zu einer Temperaturerhöhung, also zur Einleitung einer Warmzeit führt. Dieses Modell vermag den häufigen Wechsel von Eis- und Warmzeiten in der jüngeren Erdvergangenheit einsichtig zu erklären, und es würde die von mehreren Seiten geäußerte Erwartung bestätigen, daß die anthropogene CO_2-Belastung der Atmosphäre zu nennenswerten Temperaturerhöhungen führen wird.

Die Rolle der regenerativen Primärenergiequellen und der Kernenergie

Auch wenn die Klimawirksamkeit der atmosphärischen CO_2-Anreicherung noch umstritten ist, tun Technik und Wissenschaft sicher gut daran, Maßnahmen zur Reduzierung der unkontrollierten CO_2-Emission in die Atmosphäre nicht nur zu überlegen, sondern dringend einzuleiten. Da wegen der noch immer stark wachsenden Erdbevölkerung eine Verringerung des Energieverbrauchs nicht eintreten kann, ist es geboten, eine bessere Nutzung des Energiegehalts fossiler Brennstoffe zu realisieren, oder besser auf fossile Primärenergieträger möglichst ganz zu verzichten. Über Wirkungsgradverbesserungen, erhöhte Wärmedämmung und ähnliche Maßnahmen ist in den letzten 2 Jahrzehnten tatsächlich eine deutliche Nutzungsverbesserung erreicht worden, die aber das grundsätzliche Problem allenfalls mildern, keinesfalls lösen kann. So bleibt also nur die Hoffnung auf einen verstärkten Einsatz nichtfossiler Primärenergiequellen, zu denen neben den regenerativen Quellen natürlich auch die Kernenergie zählt.

Neben der bedeutungslosen Gezeitenenergie, die auf Gravitationskräften beruht und in einigen wenigen Gezeitenkraftwerken genutzt wird, und der ebenfalls nur in geringem Umfang verfügbaren Erdwärme, spielen die von der Sonne unmittelbar oder mittelbar ausgehenden regenerativen Energien die wesentliche Rolle. Dies sind Wasserkraft, die heute für die elektrische Energieversorgung schon am meisten genutzte „Sonnenenergie“, Windkraft, die sich in einer lebhaften Entwicklung befindet, allerdings nur mit massiven Subventionen technisch überleben kann, weiterhin Biomasse, deren Anteil an der Stromerzeugung durch Müllkraftwerke heute schon nennenswert ist, und schließlich die solare Strahlung, die sowohl thermisch als auch elektrisch – über photovoltaische Wandler – nutzbar gemacht wird. Zumindest in unseren Breiten sind die Anteile am Primärenergieverbrauch, die diese regenerativen Quellen bei maximaler Nutzung bringen können, aber eher marginal: ihr Potential ist so gering, daß nur Bruchteile, unter optimalen Bedingungen vielleicht bis zu 10 % des Primärenergieverbrauchs, bis zum Jahr 2020 durch sie gedeckt werden können.

Lediglich die Solarwasserstofftechnik stellt eine Option dar, die in ferner Zukunft einmal einen erheblichen Beitrag zum Primärenergieaufkommen der Menschheit leisten könnte. Diese Technologie, die heute in ersten Ansätzen experimentell untersucht wird, wandelt in sonnenreichen Gebieten das Licht direkt in elektrische Energie um, die ihrerseits zur Zerlegung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff verwendet wird. Während der Sauerstoff in die Atmosphäre entweicht, wird Wasserstoff in Pipelines oder – verflüssigt – in Tankern zum Anwender gebracht. Dort kann er für Heizung und Kühlung, zur elektrischen Stromerzeugung und als Antriebsenergie für Fahrzeuge in ähnlicher Weise verwendet werden wie heute etwa Erdgas. Da unter Verbrauch von atmosphärischem Sauerstoff als Verbrennungsprodukt reines Wasser entsteht, ist diese Lösung ökologisch außerordentlich verträglich. Allerdings stehen einer raschen Umsetzung solcher Ideen zwei entscheidende Probleme im Wege: die heute verfügbaren solaren photovoltaischen Wandler haben einen zu kleinen Wirkungsgrad, und selbst bei Vorhandensein einer technisch ausgereiften Lösung würde eine Umstellung der Weltenergiewirtschaft auf solaren Wasserstoff mindestens 50 Jahre dauern, da die gesamte notwendige industrielle Struktur erst geschaffen werden müßte und eine solche Maßnahme einen ungeheuer großen Finanzierungsbedarf haben würde.

Die Kernenergie als Primärquelle ist in unserem Lande zu etwa 1/3 an der elektrischen Energieversorgung beteiligt und ist daher jetzt und in der voraussehbaren Zukunft unverzichtbar. Ihr Hauptvorteil ist nach wie vor ökonomischer Art: Strom aus Kernkraftwerken ist trotz hoher Regelungsdichte konkurrenzlos billig. Mehr und mehr setzt sich aber die Erkenntnis durch, daß die Nutzung der physikalisch gebundenen Energie der Atome auch deshalb geboten ist, weil Kernenergie CO_2-frei umsetzbar ist und andere Emissionen sicher beherrscht werden können. Die CO_2-Emission der gesamten Bundesrepublik liegt derzeit bei etwa 800 Mio t jährlich, davon entfallen etwa 200 Mio t auf die elektrische Stromerzeugung aus fossil befeuerten Kraftwerken. Wollte man die Kernkraftwerke abschalten und mangels Alternativen durch Kohlekraftwerke ersetzen, so würde die CO_2-Belastung der Atmosphäre schlagartig um 150 Mio t jährlich zunehmen. Allein in Deutschland reduziert die Kernenergie also den CO_2-Ausstoß um 150 Mio t jährlich, weltweit sind es mehrere Mrd. Tonnen.

Nicht nur aus diesem Grunde sollte sich aber die Einstellung zur Kernenergie grundsätzlich ändern: Kernenergie ist, sieht man von der gravitationsbedingten mechanischen Energie einmal ab, die einzige wirkliche Basisenergie im Weltall. In der Sonne wie in allen anderen Fixsternen spielen sich ständig gewaltige Energieumsätze durch Kernfusionsvorgänge ab, die die Voraussetzung für die Energieabstrahlung in das All darstellen, also auch für unser lebensspendendes und lebenerhaltendes Sonnenlicht. Jegliche sonnenbasierte regenerative Energieform ist also nuklearen Ursprungs. Das gilt natürlich auch für Kohle, Erdöl und Erdgas, denn diese Primärenergien sind ja nichts anderes als durch die Photosynthese „kondensiertes" Sonnenlicht. Nichtnuklearen Ursprungs ist letzlich nur die Gezeitenenergie, denn auch die Erdwärme entsteht hauptsächlich durch den Zerfall radioaktiver Isotope. Ein gleichermaßen schwieriges wie faszinierendes wissenschaftlich-technisches Unterfangen ist die Anwendung von Kernfusionsvorgängen zur irdischen Energieerzeugung. Gelingt die kontrollierte Kernfusion in technisch relevantem Umfang, so hat die Menschheit energietechnisch ausgesorgt, denn das leichte Element Wasserstoff, der Brennstoff der nuklearen Fusion, ist nahezu unbegrenzt verfügbar. Der Stand der Forschung auf diesem Gebiet läßt allerdings kaum erwarten, daß technisch ausgereifte Lösungen vor der Mitte des nächsten Jahrhunderts verfügbar sein werden.

Zusammenfassung

Die Menschheit steht vor schwierigen Versorgungsproblemen hinsichtlich ihres Energiebedarfs. Nur die ständige Verfügbarkeit sauberer und bezahlbarer Energie sichert ihre Zukunft. Die Analyse der gegenwärtigen Situation und die Projektion auf die Zukunft führt zu folgenden Ergebnissen:

- Der Energiehunger der Entwicklungsländer und der Anstieg der Weltbevölkerung lassen den Primärenergieverbrauch, ausgehend von einem hohen Niveau von derzeit ca. 13 Mrd t SKE, weiter steigen.
- Heute und in der voraussehbaren Zukunft werden etwa 90 % der Primärenergie weltweit aus fossilen Brennstoffen gedeckt. Das führt unvermeidbar zur CO_2-Anreicherung der Atmosphäre und läßt Klimaveränderungen erwarten.
- Sparsamer Umgang mit Energie und Nutzung nichtfossiler Energien sind dringend geboten.
- Die regenerativen Primärenergien können in der voraussehbaren Zukunft nur einen kleinen Beitrag zur Substitution fossiler Quellen leisten. Allein die Solarwasserstoff-Technologie bietet Chancen, einen nennenswerten Teil der Primärenergie nichtfossil zu decken. Diese Technologie benötigt nach erfolgreicher Entwicklung eine Einführungszeit von mehreren Jahrzehnten.
- Aus ökologischen Gründen muß die Lagerung von Abfällen aller Art künftig kontrolliert, ortsfest und rückholbar erfolgen. Derzeitige und künftige Energietechnologien sind an dieser Forderung zu messen.
- Kernfusion ist eine interessante Energievariante, deren großtechnische Realisierbarkeit frühestens in 50 Jahren in Aussicht steht. Kernspaltung als Energiequelle ist derzeit unverzichtbar.
- Politik und Religionen sind gefragt, die Bevölkerungsexplosion einzudämmen.
- Es gibt keine Patentlösung.

Diese Zusammenfassung ist keineswegs eine Bankrotterklärung der Energietechnik, sondern summiert auf die Herausforderungen an kommende Generationen von Naturwissenschaftlern und Technikern. Energie ist eine Grundsubstanz für Leben, ohne Energie gibt es kein Leben. Um diese Lebensbasis zu sichern, bedarf es vielleicht auch unkonventioneller Ansätze. Warum sollte es nicht gelingen, der Natur das Geheimnis der Photosynthese abzulauschen, noch mehr, dieses auch in großtechnische Lösungen umzusetzen? Dies wäre ein Schritt zur Kontrolle der CO_2-Belastung der Atmosphäre, aber auch zur Schaffung einer sonnenunabhängigen Nahrungsquelle. Es gibt also noch viel zu tun!

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.C. Kärner
Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen, TU Braunschweig
Schleinitzstraße 23 · 38106 Braunschweig

FERDINAND STEFAN ROSTÁSY, Braunschweig

Baudenkmalpflege – Ein Bericht über Lehre und Forschung*

Braunschweig, 11.10.1996

1. Einleitung

Um es vorneweg zu sagen: Dies wird kein wissenschaftlicher Vortrag werden. Es geht mir vielmehr darum, Ihnen einen Eindruck über das Lehren und Forschen in einem Arbeitsgebiet des Lehrstuhls für Baustoffkunde und Stahlbetonbau zu vermitteln. Es ist dies die Baudenkmalpflege.

Als ich vor mehr als zwanzig Jahren an die Technische Universität kam, wußte ich nur wenig über Baudenkmalpflege und deren mannigfaltigen Aspekte. So wußte ich auch nicht, daß damals Braunschweig eine Hochburg eines Teils der Baudenkmalpflege, nämlich der Sicherung historischer Konstruktionen war. Unser hochverehrter Kollege Klaus Pieper lehrte und forschte hier, viele Impulse gingen von ihm aus.

Als er bald nach meiner Ankunft emeritiert wurde, entschloß ich mich – von seinen Schriften, Vorträgen und von Gesprächen mit ihm längst infiziert – seine Vorlesung über Baudenkmalpflege für Studenten der Architektur und des Bauingenieurwesens fortzuführen, auf meine Weise versteht sich. Es erschien mir unannehmbar, diese Braunschweiger Tradition dahinschwinden zu sehen. Dies liegt etwa 17 Jahre zurück. Zur eigenständigen Forschung bedurfte es noch weiterer Jahre.

Soviel zum Anlaß und zur Geschichte der eigenen Lehre und Forschung. In der Zwischenzeit sind unsere Einsichten gewachsen. Reflexion über die Rolle der Bauingenieure in der Denkmalpflege, über eine sinnvolle Lehre und Forschung wird möglich. Diese Reflexion soll hier entlang folgender Fragen geschehen:

1. Welche Aufgaben hatten Bauingenieure bislang in der Denkmalpflege zu erfüllen und welche neuen werden auf sie zukommen?
2. Welche Folgerungen sind für die Lehre zu ziehen?
3. Welche Folgerungen sind für die Forschung abzuleiten?

Denkmalpflege hat die Aufgabe, kulturelles Erbe zu bewahren. Gemeint sind damit Kulturdenkmäler künstlerisch-handwerklichen Schaffens, hier Bauwerke. Das strikte Festsetzen eines sozusagen erst zum Denkmal qualifizierenden Entstehungsjahres des Werkes ist unnötig. Wesentlich ist der historische Zeugniswert im Kulturzusammenhang.

Die Denkmalpflege, wie wir sie heute verstehen, ist nur etwa 150 Jahre alt. Denkmalpflege beginnt am realen Fall mit der Erforschung der historischen Quelle des Denkmals und dessen künstlerischen, ästhetischen Inhalts. Dies ist im allgemeinen Arbeit der Bau- und Kunsthistoriker sowie der Konservatoren. Dann muß der materielle Bestand unter-

* Kurzfassung eines Vortrags vor der Klasse für Ingenieurwissenschaften

sucht sowie dessen zeitliche Veränderung durch Altern, Verfall, Beschädigung und Verfälschung erkundet werden. Bei dieser Aufgabe treten Naturwissenschaftler, Archäologen und Techniker hinzu. Die Denkmalpflege in ihrem praktischen Teil ist der Schutz und die Sicherung von Baudenkmälern vor dem Verfall, auch im Zusammenhang von Umbau und Nutzung. Hierbei stehen Architekten und Ingenieure den Konservatoren gegenüber, die man als Anwälte des schutzbedürftigen Denkmals bezeichnen könnte. Häufig entsteht in diesem Gebiet Widerstreit.

2. Über Schäden an Baudenkmalen und die Aufgaben von Bauingenieuren in der Denkmalpflege

Als nächstes wende ich mich den Aufgaben der Bauingenieure in der Denkmalpflege zu. Welche waren es bislang, welche werden künftig anstehen? Seit Beginn dieses Jahrhunderts bearbeiten Bauingenieure Probleme der statisch-konstruktiven Sicherung, der Gründung und Konstruktionen gefährdeter historischer Bauwerke, sowie Aufgaben der Verstärkung bei deren Umnutzung. Die Ingenieure Rüth und Pieper müssen als Wegweiser genannt werden. Interessanterweise ist die Geburtsstunde der Statik mit einem Sicherungsgutachten verbunden. Es ist dies der Verstärkungsvorschlag für die Kuppel des Petersdoms, den die drei Jesuitenpatres um 1740 vorgelegt haben.

Die Aufgaben der Bauingenieure kann man ehestens am Verfall der Baudenkmale dingfest machen. Aus diesem Grund folgt hier ein knapper Exkurs über die vielfältigen Schäden, deren Ursachen und über Therapien. Die meisten Gefahren für die Tragkonstruktion und für die Baustoffe historischer Bauwerke gehen von drei Quellen aus: Baugrund, Wasser und Mensch. Diese drei Quellen treten fast immer gemeinsam auf. Unter Mensch verstehe ich den Baumeister, den Handwerker, den Denkmalpfleger, den Nutzer, den Krieger und alle anderen, die das Bauwerk gefährden können.

Die Urstromtäler waren und sind die bevorzugten Siedlungsgebiete. In ihnen sind die Böden weich und setzungsempfindlich. Der Grundwasserspiegel liegt hoch. Die alten Baumeister besaßen auch ohne Statik ein untrügliches Gespür für den Abtrag der Kräfte in der Konstruktion. Von Gründung, Setzung und Fundamentverdrehung scheinen sie weniger gewußt zu haben. Viele Schäden der Konstruktion nehmen deshalb ihren Ausgang bei einer mangelhaften Gründung.

Schwere Lasten wurden über gerade wandbreite Fundamente dem oft weichen Baugrund zugewiesen. Der oben rd. 1,3 m schiefe Turm der Katharinenkirche in Braunschweig (Bild 1) zeichnet die Setzungsmulde nach. Er lehnt sich dabei an das Langhaus und erzeugte Risse in den Wänden sowie im Maßwerk der gotischen Fenster. Aber auch die Neubaumaßnahme in der Nähe, die Grundwasserabsenkung und Verkehrserschütterung aktivieren erneute Bodenverformung, ganz zu schweigen von der Kriegswirkung. Pieper hat vor allem wegen der Verkehrserschütterungen am Hagenmarkt die Gründung des Turms von St. Katharinen durch einen Spannbetonkragen und Pfähle gesichert.

Bei trockenem Baugrund wurden die Wände und Pfeiler i.d.R. auf Packlagen aus Feldsteinen oder Gesteinsblöcken gegründet. Weil das Absenken des Grundwassers

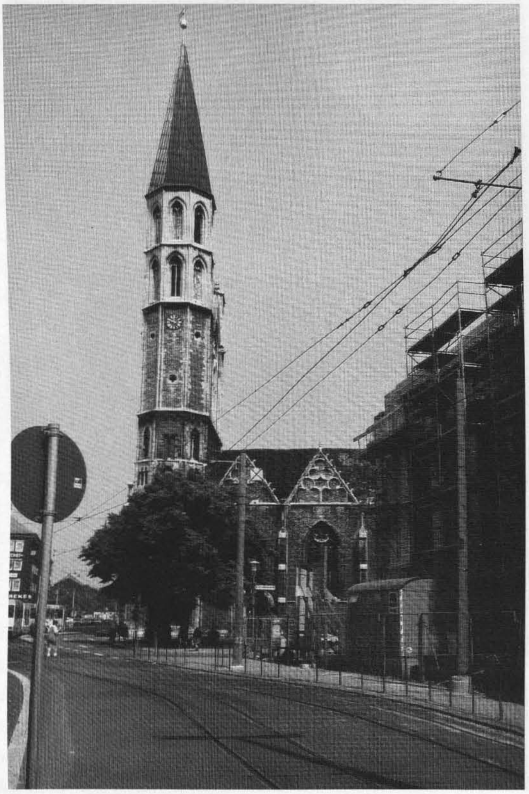


Bild 1:
Der schiefe Turm am Hagenmarkt, St. Katharinen in Braunschweig

noch nicht gelang, blieb man mit der Gründungssohle oberhalb des Grundwasserspiegels. In den aufgeweichten Aueböden wurden z.B. Spickpfähle eingetrieben. Auf sie wurde ein Eichenbohlenbelag als Gründungsebene gelegt. Grundwasserabsenkungen führen zum Trockenfallen der Holzpfähle und Bohlen, die dann durch Fäulnis zerstört werden.

Baugrundverformungen und der Verfall der Gründung erzeugen Schäden in der aufgehenden Konstruktion. Die Mauerwerksscheiben, oft von großen Maßwerkfenstern durchbrochen, reißen. Bei Gewölben nimmt der Schub zu, weil die Kämpfer auswandern und die Stützlinie absinkt. Die Einsturzgefahr steigt. Dazu kommen noch alte handwerkliche Mängel: Wände und Pfeiler wurden selten im Verband gurchgemauert. Das sog. Schalenmauerwerk herrscht vor: Mehr oder weniger im Verband gemauerte, steintiefe Außenschalen und innen mangelhaft vermörtelter Steinschutt oder Feldsteine. Dies ist eine schadensträchtige Bauweise. Bild 2 zeigt das Westwerk von St. Johannis in Ellrich

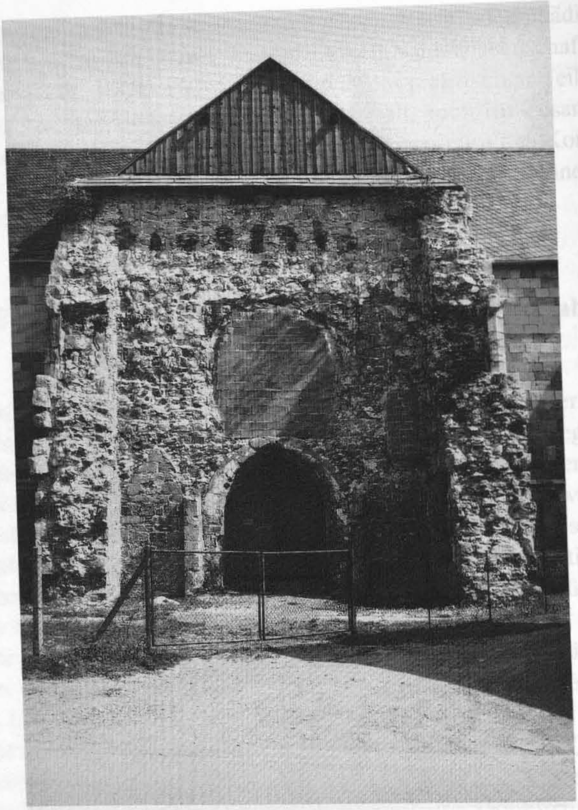


Bild 2:
Dreischaliger Wandstummel des Turmrestes, St. Johannis, Ellrich

im Südharz oder genauer, die Reste des abgegragenen Turmes. Die Mehrschaligkeit der Mauerstummel ist zu erkennen.

Zur Sanierung solcher Mauern wurden die vermörtelten Nadelanker entwickelt. Sie stellen sozusagen Gräten dar, die das Haufwerk verfestigen. Bei vielen norddeutschen Kirchen sind die Innenschalen des alten Mauerwerks ab ovo mit Gipsmörtel verfüllt worden. Gipsvorkommen gab es viele, das Brennen zu Baugips war billig. Und: der Gipsmörtel wurde im Vergleich zum Luftkalkmörtel sofort hart. Die nachträgliche Injektion von Zementmörtel in die restlichen Hohlräume mit dem Ziel der Verfestigung des zerrütteten Mauergefüges hat oft schwere Treibschäden verursacht. Man wußte noch nicht, daß bestimmte Zementminerale mit dem alten Gips treibend reagieren. Bild 3 zeigt, wie diese chemische Unverträglichkeit zur Ausbauchung der Wand der Kirche in Zorge geführt hat. Trennrisse in Wänden werden häufig durch Injektion und Vorspannung saniert. Bei Gewölben richtet man die Gewölbekraft durch Zugbänder wieder auf. All diese Sicherungen stellen oft schwere Eingriffe in die historische Substanz dar.

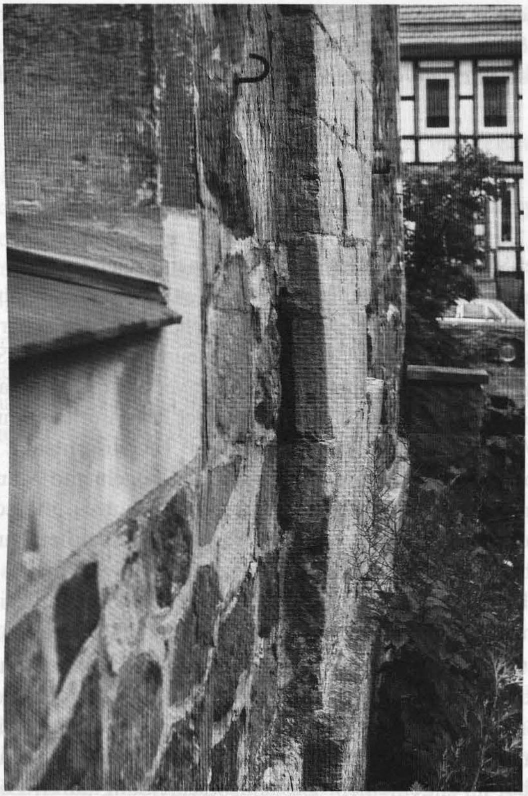


Bild 3:
Wandausbauchung durch Gipstreiben, Kirche in Zorge

Heute bevorzugen wir ein schonendes Vorgehen: minima invasio, maxima efficientia ist die Devise.

Das Wasser ist ein arger Feind. Es steigt aus dem Boden hoch und durchfeuchtet die Wände. Auch Mängel des Handwerks und der Pflege führen zur Durchfeuchtung von Wand und Holzwerk. Die neuzeitliche Heizung von Kirchen bringt die „historische" Bauphysik aus dem Gleichgewicht. Feuchteschäden an Putzen, Wandmalereien und Holzteilen sind die Folge. Viele Sandsteine sind zwar gut zu behauen, aber sehr porös. Infolge der Witterung, überhöht durch Luftschadstoffe, sind in den letzten 100 Jahren schwere Schäden an Naturstein- und Ziegelbauten sowie an Bauornamenten entstanden.

Aus diesem knappen Überblick über die vielfältigen Schäden an Baustoffen, Konstruktionen und Gründungen sind die möglichen Betätigungsfelder von Bauingenieuren und Architekten zu erkennen. Die Sicherung historischer Konstruktionen stellt eine äußerst anspruchsvolle Ingenieuraufgabe dar. Man erkennt, daß gute baustatische Kenntnisse allein nicht genügen. Notwendig ist ein solides Fundament über Baugeschichte, historische Baustoffe, Handwerkstechniken und Konstruktionen, über Bauphysik und über die Schadensmechanismen. Vieles hiervon ist auch vom Architekten abzuverlangen, der als Planer und/oder Bauleiter eine Restaurierung, eine Umnutzung etc. zu betreuen hat.

3. Folgerungen für die Lehre

Der Abriß über Verfall und Sanierungsmethoden gibt auch Impulse für die Lehre und Forschung. Beginnen wir aber mit dem Heute. Welche Ziele und Inhalte weist unsere Lehre bislang auf? Die Vorlesung „Schutz und Sicherung historischer Bauwerke" wird von Studenten der Architektur und des Bauingenieurwesens gehört. Sie ist „nur" eine Wahl- bzw. Wahlpflichtveranstaltung. Umso mehr verblüfft, daß sie alljährlich von rd. 200 Hörern besucht wird. Ziele und Inhalte muß der Professor bestimmen. Der aber ist Bauingenieur, Werkstoffkundler und Konstrukteur. Hieraus entsteht Schwerpunktsetzung: alte Baustoffe und schwere Konstruktionen aus Ziegeln und Naturstein in ihrer historischen Gebundenheit; Möglichkeiten wirksamen Schutzes und schonender Sicherung. Aber weil es sich hierbei nur um Grundlagen und Prinzipien handeln kann, kommen in dieser Lehrveranstaltung auch weitere Vortragende zu Wort. Es sind dies zumeist Architekten und Ingenieure, die in der Denkmalpflege praktisch tätig sind. Dieses Wechselspiel zwischen Universität und Praxis erzeugt Lebendigkeit und Praxisbezug.

Die Lehrveranstaltung „Schutz und Sicherung historischer Baukonstruktionen" wird von den Studenten mit einer Übungsarbeit am realen Objekt abgeschlossen. Das Objekt ist stets ein historisches Bauwerk. Hierzu zwei Beispiele: Das Herrenhaus in Sickte; St. Nikolaus in Hamburg. Die Aufgabenstellung für die jeweils vier Studenten einer Arbeitsgruppe umfaßt im allgemeinen: Zustandsbeschreibung durch Fotodokumentation, Aufmaß; Schadensbeschreibung, -kartierung; Ausarbeitung von Therapievorschlägen u.a.m. In manchen Jahren mußten wir bis zu 15 Objekte im Braunschweiger Land, im Harz, in Thüringen und Sachsen-Anhalt finden. Ohne die unschätzbare Hilfe von Architektur- und Ingenieurbüros, von Konservatoren, Gemeinden, Ortskirchen u.a. würde dies nicht gelingen. Die Arbeit vor Ort unmittelbar am und mit dem Bauwerk macht den Studenten, dem Hochschullehrer und seinen Assistenten immer viel Freude. Erstaunliche Ergebnisse werden erzielt, viel Begeisterung und Mühe investiert, und dies alles für ziemlich wenig „credit points".

Die Baudenkmalpflege ist ein besonderes Feld, so doch nur Teil eines größeren und neuen Arbeitsfelds für Architekten und Bauingenieure. Gemeint ist die Bausubstanzerhaltung in ihrer gesamten Breite. Beim Neubauen zeichnet sich in Europa eine Sättigung ab, sieht man vom örtlichen und temporären Fieber á la Berlin-Mitte ab. Man schätzt, daß sich das Bauen in der Zukunft etwa hälftig auf das Neubauen und den Substanzerhalt (Schützen, Instandhalten/-setzen, Anpassen an veränderte Nutzung, Verstärken/Ertüchtigen) von alten und gar nicht so alten Bauwerken aufteilen wird.

Die Methoden des Substanzerhalts von historisch bedeutsamen Bauwerken unterscheiden sich nicht prinzipiell von jenen, die man für andere, sich eben nicht als Baudenkmale qualifizierende einsetzt. Also ist Substanzerhalt als Ganzes zu sehen und zu lehren. Fragen der Baudenkmalpflege und des Substanzerhalts sollten deshalb über die bestehenden Fachgebiete in die Lehre eingefügt werden. Für die Baudenkmalpflege erscheinen folgende Fragestellungen wichtig:

- Baugeschichtlicher Bereich: Beziehung zwischen alten und gegenwärtigen Bauformen. Evolution von Konstruktionen und anderen Bauwerken
- Bereich Statik und Konstruktion: Entwicklung der Konstruktionstypen und Berechnungsmethoden. Exemplarische Bauwerksanalyse und Sicherung
- Bereich Baustoffkunde und Bauphysik: Evolution der Stoffe und Bauteile. Angriff und Zerstörung. Schutz, Instandsetzung und Pflege. Exemplarische Behandlung

Fragen dieser Art sollten im Grundfach nicht einzeln, sondern im Lehrstoff der Fächer integriert behandelt werden. Eine eigenständige Vertiefungsrichtung Denkmalpflege und Substanzerhalt ist nicht zu empfehlen. Vielmehr ist Abstimmung zwischen den Vertiefungsrichtungen anzustreben. Die Verbindung zur Architektur und Baugeschichte ist anzustreben.

4. Einige Folgerungen für die Forschung

Nur wenige Bemerkungen über die Forschung für die Baudenkmalpflege sind hier möglich. Sie wurde über lange Zeit hinweg von den großen öffentlichen Förderern eher stiefmütterlich behandelt. Mit dem Schwerpunkt „Archeometrie" der VW-Stiftung wurde ein Wandel eingeleitet, der sich durch die Einrichtung des Sonderforschungsbereichs SFB 315 „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke" an der Universität Karlsruhe (TH) durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft fortsetzte. Etwa zur gleichen Zeit hat das BMBF sein Förderungsprogramm „Denkmalpflege und Substanzerhaltung" aufgelegt. An diesem sind wir seit rund zehn Jahren beteiligt.

Einen großen Schwerpunkt der BMBF-Forschung bildeten die Mechanismen der Verwitterung von Naturstein, dann von Ziegeln und Mörteln, von historischem Mauerwerk und die Schutzmaßnahmen vor weiterem Verfall. Wir hatten in diesem Themenbereich mehrere Aufgaben: Sondierung der Mauerwerksgefüge vor Ort; Quantifizierung der physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften der historischen Baustoffe; Entwicklung und Anwendung resistenter faserarmierter Fugenmörtel.

Einen weiteren Schwerpunkt bildete und bildet noch heute die statisch-konstruktive Sicherung geschädigten Natursteinmauerwerks. Hierzu hatten wir folgende Beiträge zu leisten: Entwicklung von Methoden zur zuverlässigen Einschätzung der Tragfähigkeit von mittig und außermittig gedrücktem, mehrschaligem Mauerwerk; Tragfähigkeit und Rißbildung in Mauerwerksscheiben unter Setzungszwang (Interaktion: Bauwerk/Gründung/Bauwerk).

Unsere Forschung soll mit einigen Beispielen beschrieben werden. Bild 4 zeigt die Palaswand der Runneburg in Weißensee, Thüringen. Die Schiefstellung und Translation der Palaswand ließ Zweifel an der stützenden Wirkung des dargestellten Strebepfeilers

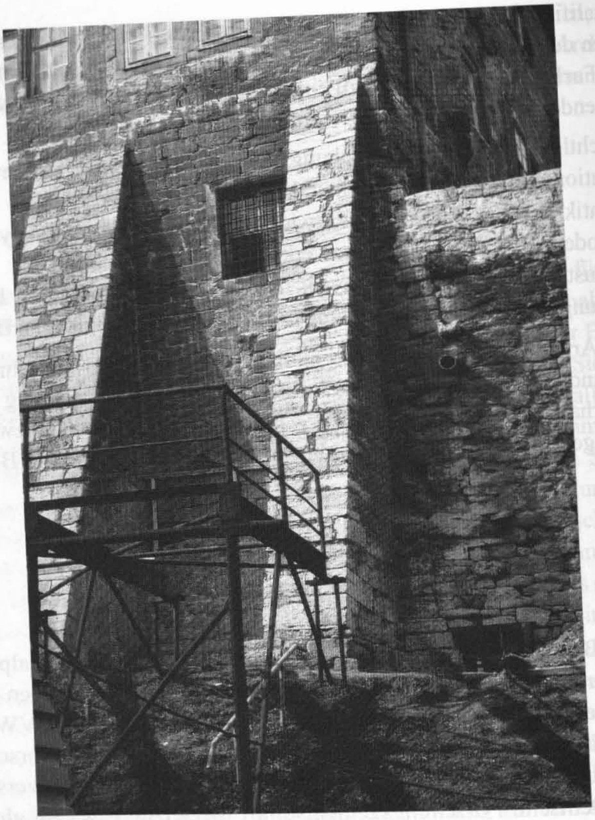


Bild 4:
Strebepfeiler an der Runneburg in Weißensee/Thüringen

aufkommen. Zur Aufklärung wurden in-situ Belastungsversuche und Messungen durchgeführt. Tatsächlich hing der Strebepfeiler wie ein Rucksack an der Wand, stützte diese also nicht. Die Nachgründung durch Stahlpfähle über einen Stahlbetonring wurde nötig.

Um die Drucktragfähigkeit mehrschaliger Wandpfeiler zu messen und rechnerisch zu modellieren, wurden umfangreiche Versuche durchgeführt. In Bild 5 ist ein solcher Pfeiler in der Prüfmaschine dargestellt. Er ist im übrigen aus einem historischen Bauwerk entnommen worden, das aufgebrochen werden mußte.

Werden Wandscheiben in eine Setzungsmulde hineingezwungen, dann treten oft breite Risse auf. Dieses Phänomen wird als Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund über die Gründung bezeichnet. Wir haben es auf zweierlei Weise studiert. Zum einen wurden elastisch gebettete Wandscheiben im Labor verkrümmt. Bild 6 zeigt den Versuchsaufbau. Die hellerleuchteten Punkte auf der Wand stammen von einer Blitzlichtaufnahme. Diese gehört zur Verformungsmessung durch die Nahbereichsphoto-

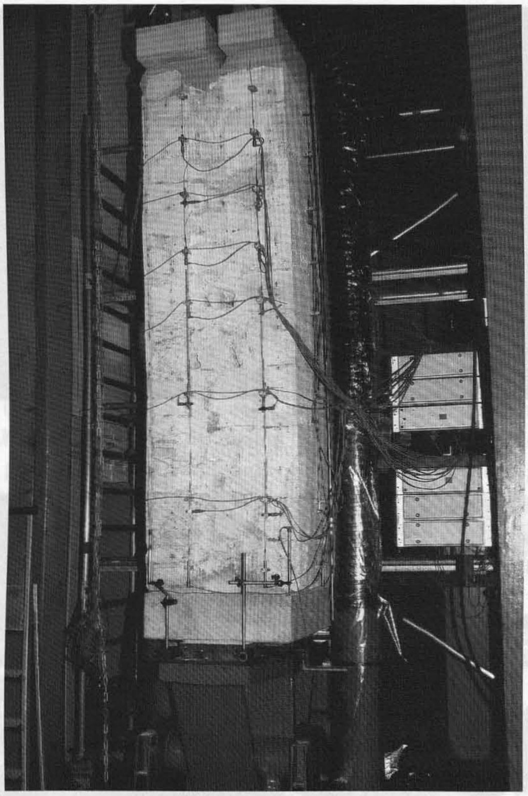


Bild 5:
Druckversuch an einem Wandpfeiler

grammetrie, die von Herrn Prof. Wester-Ebbinghaus † und seinen Mitarbeitern durchgeführt worden ist.

Zum anderen haben wir in Zusammenarbeit mit Instituten des Fachbereichs 6 einen Belastungsversuch an einem historischen Bauwerk durchgeführt. Bild 7 zeigt den unteren Rest der Außenwand der Kirche in Hedeper, die wegen schwerer Schäden abgetragen werden mußte. Die Wandscheibe wurde über Erdanker von oben belastet. Umfangreiche Messungen der Wandverformungen und Fundamentsetzungen wurden durchgeführt. Das Ziel dieser Studien ist ein Ingenieurmodell zur Beschreibung der Verformungen, Rißbildung und des Versagens von Wänden unter Setzungszwang.

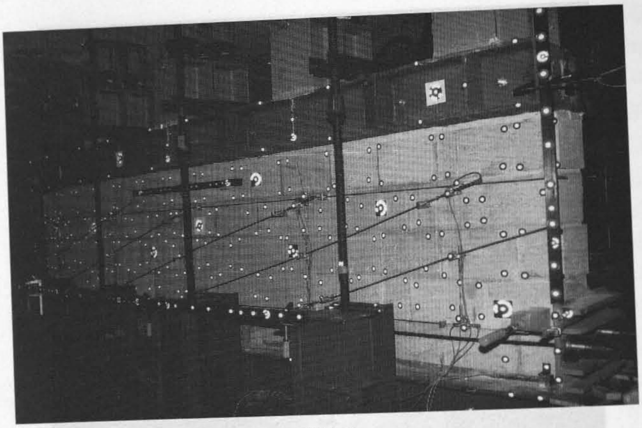


Bild 6:
Wandscheibe unter Setzungszwang, Versuch im IBMB

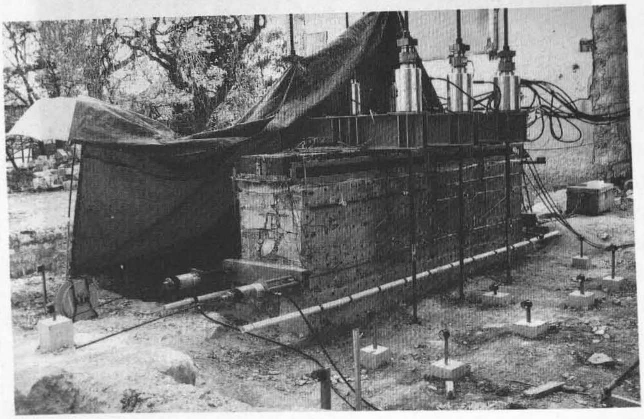


Bild 7:
Wandscheibe unter Setzungszwang, in-situ Versuch in Hedeper

5. Fazit

Der vorbeugende Schutz und die statisch-konstruktive Sicherung historischer Bauwerke stellt Architekten und Bauingenieure vor schwierige und herausfordernde Aufgaben. Wie sie hierauf in der Lehre vorbereitet werden können, wurde abrißhaft gezeigt.

Prof. Dr.-Ing. F. S. Rostásy
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
TU Braunschweig
Beethovenstraße 52 · 38106 Braunschweig

CLAUS-ARTUR SCHEIER, Braunschweig

Das Verhältnis von Widerspruch und unendlichem Regreß in Platons ‚Parmenides'

Braunschweig, 8. März 1996

Platons „Parmenides" ist der verschlüsseltste und so auch – und dies schon seit der Antike – umstrittenste seiner Dialoge. Die Deutungen reichen von der Annahme eines akademisch-logischen Exerzitiums (mit vielen „logical fallacies") bis zur Hermeneutik des innersten Geheimnisses der Platonischen Theologie. Die „Tübinger Schule" hat in unsrer Zeit durch ihre Rekonstruktion der sog. ungeschriebenen Lehre neue Mittel an die Hand gegeben, Absicht und Gehalt der späten Dialoge Platons durchsichtig zu machen, diese Mittel aber gerade für den „Parmenides" noch nicht zureichend genutzt. Hier das Mögliche nachzuholen, muß einer ausführlicheren Untersuchung überlassen bleiben, der gegenwärtige Vortrag möchte nur eine kurze, in sich geschlossene Passage (130e5–134e8) aus dem Vorspiel zur eigentlichen dialektischen Durchführung nach Bau und Absicht erhellen.

Es handelt sich um die Paralogistik, in der Parmenides (zweifellos die ironische Persona Platons) den jungen Sokrates, der sich, wird der „Phaidon" vergleichend beigezogen, soeben erst von der Anaxagoreischen Naturphilosophie zur Lehre von den „Ideen" bekehrt hat, mit deren Schwierigkeiten vertraut macht, indem er (die in der Akademie offenbar längst geläufigen) Gegenargumente zu einem Zenonisch inspirierten *kosmos apatêlos* (vgl. Parm. B 8.52), einer „Trugwelt" verwebt, die eine vollständige Widerlegung *(elegchos)* der Ideenlehre darzustellen scheint. Was hier, näher besehen, „widerlegt" wird, ist zwar die Lehre von der Teilhabe *(methexis)*, aber unter einer weiteren Voraussetzung, die der Dialog betont einführt als die Überzeugung des seiner Jugend wegen noch sich an den menschlichen Auffassungen *(doxai anthrôpôn)* orientierenden Sokrates, und die als selbst ursprünglich Platonisch anzusehen auch die übrigen Dialoge keinen Anhalt bieten.

Es handelt sich um die Annahme der Selbständigkeit *beider* Seiten der Teilhabe-Beziehung, wonach nicht nur die „Ideen" *(eidê)*, sondern eben auch dasjenige „abgesondert" *(chôris)* sein soll, was an ihnen teilhat und demzuvor teilnimmt. Diese Annahme verletzt das Platonische, ja eigentlich überhaupt metaphysische Axiom, daß die Bezogenen einer *bestimmten* Beziehung nie im gleichen Recht, sondern stets in der Differenz von Ansichsein *(kath'hayto)* und Sein-für-anderes *(kat'allo)* zueinander stehen. Die Bedingung der Möglichkeit der Paralogistik ist mithin die, daß das Teilhabende an sich schon als Idee, diese aber ebenso als Teilhabendes gesetzt ist – oder das bloß Bezogene (Prädikat) an sich auch als Beziehendes (Subjekt), das Beziehende zugleich auch als Be-

* Vortrag vor der Klasse für Geisteswissenschaften der BWG

zogenes. Die beiden Modi, diese Amphibolie logisch auszutragen, sind der unendliche Regreß und der Widerspruch. Das erlaubt ein Alternieren der Argumentation, die das erste Bauprinzip dieser Paralogistik ist; das zweite ist die Gruppenbildung, die das, was als „Idee“ gelten soll, zweimal neu fassen läßt. Im Überblick:

1.1 Die Idee wird zuerst behauptet als je ein *Ganzes* bleibend in den Teilhabenden, wodurch sie sich selber in Teile zersetzt, die ihrerseits wieder Ganze sind usw.: unendlicher Regreß.

1.2 Wird hingegen nur ein *Teil* der Idee in der Teilhabe erfaßt, dann schlägt *das* Große, *das* Gleiche, *das* Kleine um in *ein* Großes, *ein* Gleiches, *ein* Kleines, und die darin liegende Selbstprädikation („Die Idee des Großen ist selbst groß“ usw.) führt zum Widerspruch.

2.1 Der Gedanke kehrt darum zur Ganzheit zurück, setzt die Idee nun aber als das *Wovonher* der Hinsicht *(hothen)* – das *eidos* eigens als *idea* –, das von der Auffassung mit dem Woraufhin *(epi tôi)* verwechselt wird: unendlicher Regreß (das bekannte Argument des „dritten Menschen“).

2.2 Wird hingegen das Wovonher der Hinsicht durch die Hinsicht *(noêma)* ersetzt, die als mit ihrer Sache *(ti)* identisch gedacht werden muß, dann ist das Seiende entweder selber nur Denkendes oder das Denkende unmittelbar gedankenlos: Widerspruch.

3.1 Damit verschwindet das Hinsichtnehmen, und die Idee ist an sich *Vorbild (paradeigma)*, das von der Auffassung aber nur als Bild verstanden wird, das seinerseits ein Vorbild haben muß usw.: unendlicher Regreß.

3.2 Somit erfüllt sich das Proton Pseudos des *Nebeneinander* (des doppelten *chôris*): die Ideen sind als rein Abgesonderte überhaupt nicht für uns. Was aber auf keine Weise für uns ist, also, wie es im „Sophistes“ (238b10) heißt, undenkbar *(adianoêton)*, unansprechbar *(arrêton)*, unverlautbar *(aphthengkton)* und unerklärbar *(alogon)*, ist das schlechthin Nichtseiende – das Vorbild von nichts ist nicht Vorbild: Widerspruch.

Im Wechsel von unendlichem Regreß und Widerspruch erscheint die Idee somit als:

1.1 Ganzes *(holon)*: Regreß.
1.2 Teil *(meros)*: Widerspruch.
2.1 Wovonher *(idea)* der Hinsicht: Regreß.
2.2 Hinsicht *(noêma)*: Widerspruch.
3.1 Vorbild *(paradeigma)*: Regreß.
3.2 rein Abgesondertes *(chôris)*: Widerspruch.

Da Platon nun sonst überall die Idee 1. als *Ganzes*, nie aber als Teil (Teil nur innerhalb der dihairetischen Identität, worin sie Ganzes für die Teilhabenden bleibt), 2. als *Wovonher* der Hinsicht, nie aber selbst als Hinsicht, und 3. als *Vorbild*, nie aber als bloß Abgesondertes begreift – die Idee ist also *holon* der *merê*, als solches deren *idea* = *genos* und als solche(s) ihr *paradeigma* –, ist zu sehen, warum im Gedankengang *unendlicher Regreß* und *Widerspruch* abwechseln. In den Positionen 1.1, 2.1 und 3.1 wird die Idee wohl genommen als das, was sie der Sache nach ist, aber durch das menschliche Auffassen zugleich *herabgesetzt zu ihrem Anderen,* so daß der unendliche Regreß eintritt, in dem die Idee sich wohl immer wieder herstellt, aber nur, um wieder in ihr Anderes umzuschlagen: die Bestimmung des unendlichen Regresses ist der beständige Umschlag von Anwesenheit in Abwesenheit; in den Positionen 1.2, 2.2 und 3.2 hingegen wird die Idee sogleich genommen als ihr Anderes (oder sie *wird* nicht, sondern *ist* ihr Anderes), also als das, was sie nicht ist, und dies ist der Widerspruch, dessen Bestimmung die Anwesenheit als Unmöglichkeit ist.

Die folgende Dialektik des Eins und seines Anderen, die den Hauptteil des Dialogs ausmacht, hat daher die Aufgabe, den auf dem Boden der menschlichen Auffassungen notwendig erzeugten Schein der Unmöglichkeit der Ideen aufzulösen. Dabei liegen die drei genannten Bestimmungen der Idee – Ganzes von Teilen *(ta mathêmatika),* Wovonher der Hinsicht *(idea = peras)* und Vorbild (für die *aisthêta*) – immer zugrunde und sind näher das Ordnungsprinzip der ersten beiden Durchgänge (137c4–142a8; 142b1–155e3), von denen der zweite allerdings einen weiteren *kosmos apatêlos* darstellt (dessen Sinn sich freilich erst aus dem Gesamtgefüge der dialektischen Durchgänge, *diexodoi* oder *logoi*, ergibt).

Platons Absicht ist dabei die doppelte, zu zeigen, 1. daß eine Prinzipienlehre nicht ohne die Annahme von Ideen bzw. Ideen-Zahlen auskommt, 2. daß es keine Wissenschaft der sinnfälligen Natur geben kann, „da alles, was Gegenstand der Wahrnehmnung ist, sich in beständigem Fluß befinde" (*hôs hapantôn tôn aisthêtôn aei rheontôn*, Ar., Met. 987a33 f.). Die Gestalten, die der unendliche Regreß im „Parmenides" annimmt, sind die logisch-mathematische Ausführung dieser Überzeugung, mit der erst Aristoteles' Wissenschaft von der Natur *(physikê epistêmê)* zu brechen vermag.

Prof. Dr. phil. habil. Dr. med. C.-A. Scheier
Seminar für Philosophie · TU Braunschweig
Geysostraße 7 · 38106 Braunschweig

GREGOR MAURACH, Münster

Humor bei Caesar

Braunschweig, 12.4.1996*

Meines Wissens hat noch niemand sich über den „Humor" Caesars Gedanken gemacht, und doch liest man gleich im ersten Buch des „Gallischen Krieges", daß da ein Legionär „nicht unwitzig" gesagt habe, Caesar mache die Legionäre der 10. Legion zu „Rittern", als er sie einmal die Pferde der unzuverlässigen, weil einheimischen Kavallerie übernehmen und ihn zu einer gefährlichen Besprechung begleiten hieß, zu der die Gegenseite mit berittenem Schutz kam – zu „Rittern", d.h. es handelte sich um einen Wortwitz mit der Doppelbedeutung von *eques*, Reiter und Ritter (im Sinne des sozialen Standes). Und später berichtet Caesar, seine Soldaten hätten den böse ausgeklügelten Fallgruben, in denen anstürmende Feinde fallen und sich aufspießen sollten, „Lilien" genannt – wahrhaft „schwarzer" Humor.

Aber man sieht, wenn man derlei sammelt, gleich, daß hier nicht launig Witze erzählt werden, etwa um den Leser aufzuheitern oder den Text zu lockern, sondern immer verfolgt der Verfasser den Zweck, den „Geist der Truppe" zu zeigen. Im ersten Fall stand man vor der ersten Schlacht mit den gefürchteten Germanenriesen, und die Truppe hatte gemeutert, bis Caesar sagte, wenn niemand marschieren wolle, werde er mit seiner Lieblingslegion, der zehnten, allein angreifen; geehrt, gehorchte diese wieder, und in der geschilderten Situation machte einer seinen Witz: der Mut war wiederhergestellt. Und im zweiten Falle war die Lage verzweifelt: Man belagerte Alesia (so noch heute geheißen) und erwartete ein Entsatzheer von außen, war also Belagerer und Belagerter zugleich; da sollte ein Feld von Fallgruben die von innen kommenden Gallier an strategisch empfindlicher Stelle aufhalten; die Legionäre vertrauten den Verschanzungen, und so machten sie „schwarze" Witze: die Moral war in Ordnung, und darum berichtet Caesar das Landsergeschwätz, nur darum.

Von einer ganz anderen Art sind die zahlreichen Stellen voll Ironie. Da gilt ein Offizier als sehr erfahren, doch als er auf einen Rekognoszierungsritt geschickt wird, berichtet er vor lauter Furcht Falsches, und das kostet manchen Legionär das Leben, den Feldherrn die Schlacht beinahe. Oder das Großtun der Feinde im „Gallischen" wie im „Bürgerkrieg": Immer wieder werden laute, prahlerische Reden der Gegenseite berichtet (das war später aus den Gefangenen leicht herauszufragen), und dann kommt es ganz anders, weil die Gegenseite sich auf ihre (vermeintliche) Überlegenheit allzu sehr verließ. So schwören die Gallier, als Caesar, schwer mitgenommen, auf dem Marsch in die sichere römische Provinz ist und die Gallier zur Vernichtungsschlacht ansetzen, bevor er die Grenze erreicht, nicht nach Hause zurückkehren zu wollen, wenn sie nicht zwei Male (gleich zwei Male!) die römischen Reihen durchbrochen haben würden. Und dabei

* Zusammenfassung eines Vortrags vor der Klasse für Geisteswissenschaften der BWG

wußten sie nicht, daß Caesar kurz vorher germanische Reiter angeworben hatte, härteste Burschen, Teufel auf dem Pferderücken, die ihm dann diese und manche spätere Schlacht gewannen. Es kam, wie es bei solchem Übermut kommen mußte: Die Gallier werden geschlagen, ziehen sich auf das feste Alesia zurück, und dann folgt die Entscheidung, wie oben bereits angedeutet wurde. Derlei Ironie schüttet Caesar mit bitterem Humor – wir sprechen von Sarkasmus – oft über Prahler in den feindlichen wie auch in den eigenen Reihen aus.

Nun gut, aber die Aufzählung und textimmamente Erklärung solchen Humors kann nicht das Ergebnis des Nachdenkens sein: Was bedeutet das Zeigen, wie der „Geist der Truppe" vom Feldherrn bewirkt, bzw. wiederhergestellt wird? Was bedeuten die vielen Ironisierungen der Überheblichkeit, die Caesar selbst sich – wenigstens seinem eigenen Texte nach – nie zu Schulden kommen ließ? Derlei Beobachtungen führen auf den Gedanken, daß es Caesar nicht auf Rechtfertigung seines Tuns in Gallien ankam, wie oft gesagt wurde; nicht aufs Berichten für die Munizipialaristokratie um einer Erhöhung des eigenen Ansehens willen, wie andere gemeint hatten – nein: Die gesammelten Belege für Witze und Ironie als Mittel, die Kampfmoral zu illustrieren und falsche Ansprüche und Selbstüberschätzungen als kriegsentscheidend zu entlarven, gehören in die Strategie, den römischen Feldherrn und seine Truppe als Muster und als Norm hinzustellen: So führt ein römisches Heer geordnet, gesammelt und selbstbeherrscht unter taktisch wie psychologisch wohldurchdachter Führung erfolgreich Feldzüge durch. Caesars Bücher stellen eine Norm dar, sind als exemplarisch zu lesen. Und dieses gehört nun in das Gebiet der Normsetzung in diesen Jahrzehnten überhaupt.

Da schreibt Vitruv seine Bücher über die Architektur und Ingenieurstechnik, auch dieses eine Normsetzung. Da verfaßt Vergil seine Bücher über den Landbau, auch sie eine ethische wie praktische Norm (in Wirklichkeit ebensowenig unmittelbar anzuwenden wie Vitruv, wohl aber ein Ideal setzend). Da verfaßt Cicero seine theoretischen, Norm-setzenden Arbeiten über die Rednerkunst und über die Lebensführung; Horaz setzt die Normen des wertvollen Schriftkunstwerkes in einer sog. „Ars Poetica" fest, usw. Hierher gehören nun auch die „Bella" Caesars, und damit wäre das Urteil Matthias Gelzers bestätigt, der einmal schrieb, das „Bellum Gallicum" sollte zeigen, „wie musterhaft er seine Pflicht als römischer Statthalter erfüllte", aber: nicht nur als Statthalter, d.h. als Verwalter und Schützer, nein auch als Feldherr und Führer von einem der wirkungsvollsten und bestorganisierten Heere, die Rom je hatte.

Prof. Dr. phil. G. Maurach
Anton-Aulke-Straße 27 · 48167 Münster

COLLOQUIUM

Colloquium über Normen in Recht und Technik

Am 21.6.1996 fand auf Einladung der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft ein Colloquium mit dem Thema

Begriff und Funktionen von Normen in der Ingenieurwissenschaft und im Recht

statt. Die Leitung hatten die Herren Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Scheer und Prof. Dr. jur. Thieme.

Der Begriff der Norm wird in beiden Wissenschaften nicht deckungsgleich verwendet, und seine praktische Anwendung ist nicht eindeutig. Vertreter beider Seiten benutzen ihn, dies auch in Verfahren, an denen beide beteiligt oder von denen beide betroffen sind. Dies gilt z. B. in bezug auf Gesetze, auf die öffentliche Verwaltung und bei Gerichtsverfahren. Da es jedoch weitgehend an Informationen über das beiderseitige Verständnis fehlt, wird das Gespräch zwischen Ingenieuren und Juristen erschwert.

Mit dem Colloquium wurde versucht, das Gespräch mit Vertretern beider Disziplinen aufzunehmen und an Bedingungen zur Verbesserung der Verständigung zu arbeiten.

Zu diesem Colloquium konnten vier Referenten gewonnen werden: zwei Juristen und zwei Ingenieure. Alle Kollegen sind oder waren durch ihre berufliche Tätigkeit in besonderem Maße mit der Problematik befaßt und konnten darüber jeweils aus ihrer Sicht, also ausgehend von sehr verschiedenen Positionen, reflektieren. – Die Veranstalter danken den Referenten nicht nur für die Übernahme der Vorträge, sondern auch für die druckfertige Ausarbeitung ihrer Manuskripte.

Zusätzlich zur Wiedergabe der vier Referate wird knapp über wichtige Beiträge in den Diskussionen berichtet.

Universitätsprofessor (em.) Dr. jur. WERNER THIEME (Hamburg/Celle)

Entstehung und Verbindlichkeit technischer Rechtsnormen

I. Zum Thema

Auf der heutigen Tagung, auf der die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft versucht, Ingenieure und Juristen zu einem Gespräch über den Begriff und die Funktionen von Normen zusammenzuführen, habe ich es übernommen, in einem einleitenden Referat etwas zu den Fragen der Entstehung und Verbindlichkeit technischer Normen aus der Sicht des Juristen zu sagen. Ich tue dies unter dem Ziel der Tagung, daß wir uns besser verstehen lernen, daß wir zunächst erfahren, worüber wir sprechen, wenn wir über den Begriff der technischen Normen reden. An sich gibt es den Begriff der technischen Normen in der rechtswissenschaftlichen Dogmatik nur in Ansätzen[1]). Aber wir verständigen uns leicht, wenn wir sagen, daß es um Normen der Technik geht, d.h. um die zahllosen Normen, auf die die Juristen immer wieder stoßen, wenn sie mit Fragen technischer Anlagen und ingenieurwissenschaftlichen Problemen umgehen. Es gibt hier auch für uns als Juristen besondere Bedingungen, die uns fragen lassen, ob unsere herkömmlichen normentheoretischen Vorstellungen noch stimmen oder ob wir neu denken müssen, ja vielleicht schon lange auf dem Wege sind, neu zu denken.

II. Begriff der „technischen Rechtsnormen“

Auch wenn wir den Begriff der technischen Normen noch nicht mit hinreichender Bestimmtheit gebildet haben, möchte ich ganz kurz sagen, welche Bereiche wir in unser Gespräch einbeziehen müssen. Der Bereich der Technik ist weit: Es gehören dazu das Bauwesen mit Hoch- und Tiefbau, Maschinenwesen, Elektrotechnik, Elektronik und Datenverarbeitung, Bergbau und Hüttenwesen, Energietechnik, Schiffsbau, chemische und physikalische Technik, Medizintechnik, Verkehrstechnik, Verfahrenstechnik u.a.m.

Teilweise haben wir es mit staatlichen Normen zu tun, die vom Parlament erlassen worden sind, überwiegend mit Bundesgesetzen wie dem Atomgesetz[2]), dem Kreislauf-

---

[1]) Die Problematik liegt auch daran, daß der Jurist den Begriff der Technik unterschiedlich verwendet, einerseits als „technische“ Ausführung beliebiger (auch sozialer) Sachverhalte (vgl. z. B. BVerfGE 38, 229; 49, 89, 134), andererseits als Technik im Sinne der Ingenieurwissenschaften, z. B. im Gesetz über technische Arbeitsmittel (i.d.F. d. Bek. v. 23. Oktober 1992, BGBl. I S. 1793). – Zur Problematik allgemein Hans Peter Bull, Allgemeines Verwaltungsrecht, 5. Aufl. 1997, RdNr. 398.

[2]) i.d.F. d. Bek. vom 15. Juli 1985, BGBl. I S. 1565, zuletzt geändert durch G. v. 12.9.1996, BGBl. I S. 1354

wirtschafts- und Abfallgesetz[3]), dem Strahlenschutzvorsorgegesetz[4]), dem Gerätesicherheitsgesetz[5]). Aber auch die Länder haben technische Normen erlassen, am wichtigsten scheint mir die Landesbauordnung zu sein[6]).

Diese Gesetze werden durch Verordnungen durchgeführt: Ich werde auf einige sogleich eingehen, auf Verordnungen zum BImSchG[7]). Die Straßenverkehrszulassungsverordnung als Bundesrecht[8]) oder Verordnungen nach dem Gefahrenabwehrgesetz als Landesrecht[9]) wären weitere dankbare Beispiele.

Verordnungen werden in der Regel von der Bundes- oder Landesregierung oder von einzelnen Ministern erlassen, ebenso aber auch von der Mittelinstanz, den Bezirksregierungen. Örtliche Bauvorschriften nach der NBauO werden von den Gemeinden geschaffen und in Kraft gesetzt, wie auch die Gemeinden durch ihre Bebauungspläne teilweise technisches Recht in der Form von Satzungen erlassen[10]). Ein weites Feld des technischen Recht in der Form autonomer Satzungen sind die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften[11]).

Neben diesen Vorschriften, die vom Staat oder von anderen Trägern öffentlicher Verwaltung auf Grund gesetzlicher Ermächtigung erlassen werden, stehen die Verbandsnormen[12]), die uns gerade heute interessieren werden, die für den Juristen an sich keine Normen sind, sondern private Vorschriften, die der Öffentlich-Rechtler oft negiert, wenn er seine Normentheorie ausbreitet. Und doch sind sie – das wird der heutige Tag vermutlich zeigen – für den Juristen von Wichtigkeit. Wir Juristen wollen von den Ingenieuren mehr erfahren über die Entstehungs- und Wirkungsbedingungen gerade in diesem Bereich, um ihn in unsere Vorstellungswelt einordnen zu können.

Die Problematik, über die wir sprechen, betrifft ganz überwiegend Sicherheitsprobleme, die öffentliche Sicherheit und Ordnung, das sogenannte Verwaltungspolizeirecht, die technische Sicherheit. Genau dies ist auch das Problem vieler Ingenieure.

Bei den Problemen der Sicherheit ist vielfach die Regelhaftigkeit des Handelns wichtig. Rechtsnormen sind Leitbilder für das Handeln des Juristen, der Rechtsstaat als eines der höchsten Güter in der Begriffswelt des Juristen fordert Normiertheit, Bestimmtheit,

3) vom 27. September 1994, BGBl. I S. 2705, geändert durch G. v. 12.9.1996, BGBl. I S. 1354

4) vom 19. Dezember 1986, BGBl. I S. 2610, zuletzt geändert durch G. 24.6.1994, BGBl. I S. 1416

5) i.d.F. d. Bek. vom 23. Oktober 1992, BGBl. I S. 1793, zuletzt geändert durch G. v. 19.7.1996, BGBl. I S. 1019

6) In Niedersachsen gilt die NBauO i.d.F. vom 6. Juni 1986, GVBl. S. 157

7) Bundesimmissionsschutzgesetz i.d.F. d. Bek. vom 14. Mai 1990. BGBl. I S. 880, zuletzt geändert durch G. vom 9.10.1996, BGBl. I S. 1498. – Ein Verzeichnis der Durchführungsverordnungen befindet sich in: Sartorius, Verfassungs- und Verwaltungsgesetze der Bundesrepublik, Loseblattsammlung Stand 31. Januar 1996. Ordnungsnummer 296, Fn. 2

8) i.d.F. d. Bek. vom 28. September 1988, BGBl. I S. 1793, zuletzt geändert durch G. v. 27.12.1993, BGBl. I S. 1378

9) Nds. Gefahrenabwehrgesetz i.d.F. v. 13. April 1994, GVBl. S. 172, §§ 54f.

10) BauGB § 10; vgl. ferner NBauO § 97 Abs. 1

11) SGB VII §§ 15f.

12) vgl. unten bei IV 6

Voraussehbarkeit, Rechtssicherheit. Das ist auch für den Bürger wichtig; er muß wissen, woran er ist.

Auch unter technischen Gesichtspunkten ist die Normierung wichtig. Technische Anlagen und Geräte werden produziert. Normen müssen für die Sicherheit von Verbrauchern und Nutzern bestehen, Handlungssicherheit für die Hersteller. Die Rationalität des Handels im technischen Bereich, eine der wichtigsten Voraussetzungen unseres Wohlstandes, wird durch technische Normen gesteuert. Verantwortlichkeiten werden durch technische Normen verteilt, Haftungsproblem vorgedacht und im Schadensfalle auf Grund von Normen abgewickelt. Auch für den Wettbewerb spielen Normen eine wichtige Rolle.

Juristen und Ingenieure stehen vor demselben Problem, der Schaffung von Normen. Dabei besteht eine weitgehende Identität der Normen, freilich keine vollständige. Es gibt technische Normen, die nicht Rechtsnormen sind. Und es gibt Rechtsnormen, die nicht technischen Normen sind. Mein Referat behandelt nur Rechtsnormen als technische Normen.

III. Allgemeines zur Normentheorie

Ich muß ein paar Vorbemerkungen zu den normentheorischen Vorstellungen der Juristen machen, damit die Ingenieure das Denken des Juristen verstehen. Die Voraussetzungen für dieses Denken liegen in der Verfassung, im Grundgesetz. Dieses geht von der Unterscheidung von Staat und Gesellschaft aus, von einem „Innen" und einem „Außen" in Bezug auf den Staat[13]).

Die Bürgerfreiheit gegenüber dem Staat verlangt, daß Eingriffe in Freiheit und Eigentum des Bürgers nur durch Gesetz des Parlaments, das sich das Volk selbst gewählt hat, beschlossen werden, d.h. durch die von uns so genannten Gesetze im formellen Sinne[14]). Dies gilt notwendig für alle Sicherheitsnormen. Die Gewaltenteilung im Staat, auch eine der Grundvorstellungen unserer Verfassung[15]), verlangt das.

Die Praxis verhindert, daß diese ideale Vorstellung verwirklicht wird, allein die Zahl der Normen macht das unmöglich. Im übrigen hat das Parlament auch keinen hinreichenden technischen Sachverstand. Der schnelle Wandel, der Fortschritt im Bereich der Technik macht es unmöglich, die Produktion aller technischen Normen in die Hand des schwerfällig arbeitenden Parlaments zu legen.

Mittel zur Abhilfe ist in erster Linie die Rechtsverordnung. Ich sagte schon, wir haben auch autonome Satzungen von Selbstverwaltungskörperschaften. Diese werde ich jedoch nicht behandeln. Für die Verordnungen gibt es einige wichtige Vorstellungen in der Verfassung, die ich kurz benenne, weil die Verordnungen das Gewaltentrennungprinzip

---

13) Hartmut Maurer, Allgemeines Verwaltungsrecht, 10. Aufl. 1995, § 3 Rdnr. 4f.

14) Dies ist der Kern der Lehre vom sog. Gesetzesvorbehalt, vgl. BVerfGE 40, 248f.; 49, 126

15) Art. 20 AbS. 2 Satz 2 GG

durchbrechen: Ermächtigung für den Verordnungsgeber im formellen Gesetz, die Bestimmtheit der Ermächtigung und die Verkündung der Verordnung im Gesetzblatt wie ein Gesetz unter Nennung der Ermächtigungsgrundlage[16]). Nur die Verordnungen, die diese strengen Bedingungen erfüllen, sind für den Bürger verbindlich.

Anders steht es mit den Verwaltungsvorschriften, die auch technische Normen zum Inhalt haben können. Sie sind verwaltungsintern, sie wenden sich an die Bediensteten des Staates[17]). Nur diese Bediensteten sind gebunden. Sie sind keine Rechtsnormen im Sinne der Rechtsnormentheorie. Als Rechtsnormen bezeichnen wir nur die nach außen wirkenden Normen.

In der Praxis freilich wirken auch die Verwaltungsvorschriften vielfach wie Rechtsnormen. Dies geschieht auf mehreren Wegen und unter mehreren Titeln:

- Sie werden als Auslegungsnormen, insb. bei den unbestimmten Gesetzesbegriffen angesehen und bestimmen damit den Inhalt des Gesetzes,
- Sie sind Ermessensbegriffe, d.h. sie sind Anweisungen der Ministerien an die nachgeordneten Verwaltungsbehörden, wie diese bei einem vom Gesetzgeber offen gelassenen Ermessensspielraum diesen auszufüllen haben.
- Dies führt bei ständiger Anwendung der Verwaltungsvorschrift zu einer Selbstbindung, auf die sich der Bürger teilweise – wie auf eine Rechtsnorm – berufen kann, soweit die Verwaltungsvorschrift ihn begünstigt.
- Der Gleichheitssatz des Grundgesetzes verlangt eine gleichheitliche Anwendung der Verwaltungsvorschriften. Dies führt ebenfalls praktisch dazu, daß die Verwaltungsvorschriften eine Außenwirkung entfalten.
- Manche Verwaltungsvorschriften sind sogenannte Allgemeinverfügungen, d.h. Verwaltungsakte (vgl. § 35 Satz 2 VwVfG). Diese wenden sich nach außen, an den Bürger. Sie ergehen an den Bürger. Dies wirft eine Fülle von Problemen gerade bei technischen Normen auf, auf die ich später teilweise noch eingehen werde.

Hier geht es mir nur darum, Ihnen zu zeigen, daß wir Juristen durchaus um die Problematik unserer Normentheorie und um die Problematik der Unterscheidung von innen und außen wissen. Was das bedeutet, will ich anhand einiger Beispiele ausführen, die in unterschiedlicher Weise mit unserem Problem konfrontieren.

---

16) Art. 80 Abs. 1 GG; Art. 43 NV

17) vgl. Fn. 13 – Zur Typologie vgl. Fritz Ossenbühl, in: Erichsen, Allgemeines Verwaltungsrecht, 10. Aufl. 1995, § 7 RdNr. 32f.

IV. Beispiele

1. Die Sommersmog-Verordnung

Ich beginne mit der Sommersmog-Verordnung. Es geht um Einschränkungen und Verbote für den Betrieb von Kraftfahrzeugen und für bestimmte stationäre Betriebsanlagen bei austauscharmen Wetterlagen. §§ 40, 49 BImSchG[18]) enthalten Ermächtigungen an die Landesregierungen, Rechtsverordnung zu erlassen, in denen Gebiete festgesetzt werden, „in denen während austauscharmer Wetterlagen ein starkes Anwachsen schädlicher Umwelteinwirkungen zu befürchten ist."

Darauf ist in Niedersachsen im Jahre 1985 eine Verordnung ergangen[19]); eine Anlage zu dieser Verordnung nennt die gefährdeten Gebiete. Für diese Gebiete kann Kfz-Verkehr verboten werden, für Anlagen sind Betriebsbeschränkungen möglich.

In der Verordnung wird VO im einzelnen benannt, wann „austauscharme Wetterlagen" bestehen. Es heißt hier:

„Die austauscharme Wetterlage liegt vor, wenn

1. der vertikale Austausch innerhalb einer Luftmasse über den in der Anlage 1 genannten Gebieten durch Temperaturkonstanz oder Temperaturumkehr bis zu 700 m Höhe über dem Erdboden mindestens zwölf Stunden eingeschränkt ist und
2. der horizontale Austausch in Bodennähe in den in der Anlage 1 genannten Gebieten weniger als 3 m/s seit mehr als 12 Stunden im Mittel gemindert ist und
3. diese Wetterlage voraussichtlich länger als 24 Stunden anhalten wird.

Dann heißt es z. B. weiter (§ 3 Abs. 3):

„Die austauscharme Wetterlage wird bekanntgegeben, wenn

gemittelt über 3 Stunden die Konzentration von

Schwefeldioxid	1,20 mg/cbm oder
Stickstoffdioxid	1,00 mg/cbm oder
Kohlenmonoxid	45 mg/cbm usw. usw. beträgt.

Der Beginn und das Ende der austauscharmen Wetterlagen wird im Rundfunk und Hörfunk oder in der Tagespresse bekanntgegeben".

Soweit die Verordnung. Der Jurist steht nun vor folgenden Problemen: Die Norm wird zwar in Form einer Verordnung im Gesetzblatt in hinreichender Weise bestimmt. Aber die Wirksamkeit der Norm im konkreten Fall der austauscharmen Wetterlage wird nicht im Gesetzblatt bekanntgegeben. Zeitungen und Rundfunk als private Einrichtungen treten an die Stelle des GVBl. und sagen, wann die Wirkungen der Norm eintreten sollen. Dies ist keine amtliche Bekanntmachung und daher rechtsstaatlich zweifelhaft.

---

18) vgl. Fn. 7

19) VO v. 19.12.1985, GVBl. S. 616

Hier kann man sich mit dem bereits genannten Begriff der „Allgemeinverfügung" helfen. Dies ist an sich nichts Besonderes. Normen müssen vielfach durch Verwaltungsakte realisiert werden. In der Regel werden sie, wie eine Baugenehmigung oder deren Versagung, an einzelne Personen gerichtet. Möglich ist auch an eine Vielzahl von Personen gerichtete Verwaltungsakte; das bekannteste Beispiel ist das Verkehrszeichen. Die Wirksamkeit eines solchen Verwaltungsaktes setzt aber eine effektive Bekanntgabe des Aktes voraus. Bei Verkehrszeichen, etwa einer Geschwindigkeitsbegrenzung, die mit Schnee bedeckt ist, fehlt es für den Fahrer, der die betreffende Straße noch niemals benutzt hat, an einer wirksamen Bekanntgabe.

Keine wirksame Bekanntgabe liegt in der Mitteilung durch die Tageszeitung und den Rundfunk; es fehlt die Bekanntgabe durch eine öffentliche Dienststelle. Die rechtliche Wirkung derartiger privater Bekanntgaben ist mehr als zweifelhaft. Man könnte an eine öffentliche Beleihung des bekanntgebenden Mediums denken; doch fehlt es insofern an einer gesetzlichen Ermächtigung.

2. Luftreinhaltungs- und Lärmminderungspläne (§§ 47 und 49a BImSchG)

Als zweites Beispiel nenne ich die Luftreinhaltungs- und Lärmminderungspläne nach den BImSchG. Diese Pläne wirken praktisch wie Rechtsnormen. Sie wollen Verbindlichkeit auslösen. Sie schränken die Freiheit des Bürgers ein. Hier wird anstelle der Norm, die bestimmten Regeln folgt, der „Plan" eingesetzt. Der Begriff des Plans ist im Recht weitgehend unklar. Er kann vieles bedeuten. Diese Unklarheit wird vom Gesetzgeber benutzt, um die strengen Normierungsvorschriften der Verordnungen zu umgehen. Praktisch ist der Plan eine eingreifende Norm.

Diese Pläne werden von der „nach Landesrecht zuständigen Behörde" aufgestellt, nicht in Form der Rechtsnorm. Dann heißt es weiter (§ 47 Abs. 3 BImSchG):

> „Die Maßnahmen des Luftreinhaltungsplans sind durch Anordnungen oder sonstige Entscheidungen des zuständigen Trägers der öffentlichen Verwaltung nach diesem Gesetz oder nach anderen Rechtsvorschriften durchzusetzen."

Dies zeigt die Verbindlichkeit, ohne daß die Normierung den verfassungsrechtlichen Bedingungen genügt.

3. Technische Anordnungen nach BImSchG

Ich komme zu einem weiteren Beispiel, den Technischen Anordnungen nach § 48 BImSchG: Die Bundesregierung wird hier zum Erlaß allgemeiner Verwaltungsvorschriften mit Zustimmung des Bundesrats und nach Anhörung der beteiligten Kreise ermächtigt. Das bekannteste Beispiel dürfte die TA Luft sein.

Die Verkündung dieser Technischen Anleitungen dürfte rechtsstaatlich nicht problematisch, wenn man sie nicht als Rechtsnorm ansieht. Die Bezeichnung als Verordnung ist korrekterweise auch vermieden; die Verkündung erfolgt im Ministerialblatt, das nach dem Gesetz über die Verkündung von Rechtsverordnungen[20]) nicht für Rechtsverordnungen, also nicht für Rechtsnormen vorgesehen ist.

Diese Technischen Anweisungen werden allgemein beachtet wie ein Gesetz, obwohl sie nur verwaltungsintern binden. Dabei möchte ich bemerken, daß das GG derartige Technische Anweisungen auch für die Landesverwaltung verbindlich macht, obwohl die Landesverwaltung unter der theoretischen Vorstelllung von innen und außen im Verhältnis zum Bund „außen" und damit unter dem Vorbehalt des formellen Gesetzes steht.

In diesem Zusammenhang möchte ich eine theoretische Vorstellung einführen, mit der die Geltung derartiger Anweisungen teilweise begründet wird. Man sagt zwar – so auch das BVerwG[21]) –, selbstverständlich bänden die Technischen Anweisungen den Bürger nicht als Rechtsnormen. Sie hätten aber die Bedeutung von „antizipierten Sachverständigenurteilen", die mit besonderer Autorität ausgestattet sind. Für die Gerichte, die auf derartige Verwaltungsvorschriften gestützte Verwaltungsakte kontrollieren müssen, bedeutet das praktisch, daß sie sich scheuen – in der Regel mit Recht – entsprechende Verwaltungsakte aufzuheben, d.h. daß damit – vermittelt über die Gerichtspraxis – diese Anweisungen auch im Verhältnis von Bürger und Verwaltung wie eine Norm wirken.

4. Akkreditierung im Rahmen des Gefahrstoffrechts

Als weiteres Beispiel nenne ich die Akkreditierung im Rahmen des Gefahrstoffrechts. Es handelt sich um ein Abkommen der Bundesländer vom 16./17.12.1993, in dem u.a. Meß- und Prüfstellen zum Vollzug des Gefahrstoffrechts eingerichtet sind. Durch dieses Abkommen wird vom Land Hessen eine Akkreditierungsstelle eingerichtet. Deren Aufgaben liegen im Bereich der Meßtechnik. Insbesondere obliegt ihr die „Festlegung der Akkreditierungskriterien für außerbetriebliche Meßstellen."[22])

Dies ist sachlich Normsetzung. Sie geschieht nicht in den Formen, die vom GG und den Landesverfassungen vorgesehen sind. Es ist eine Art Kryptorecht, das durch das Abkommen verbindlich für alle Länder wird. Mit dem Mittel des Abkommens werden die strengen verfassungsrechtlichen Vorgaben überspielt.

5. Die beteiligten Kreise

Ein weiteres Beispiel: Die Verordnungen und Technischen Anordnungen werden oft „nach Anhörung der beteiligten Kreise" erlassen, d.h. einem Kreis von Vertretern der Wissenschaft, der Betroffenen, der beteiligten Wirtschaft, des beteiligten Verkehrswe-

20) vom 30. Januar 1950, BGBl. S. 23
21) BVerwGE 55, 225; vgl. jedoch auch BVerwGE 73, 300
22) Veröffentlicht z.B. im GVBl. Mecklenburg-Vorpommern 1996, S. 154f. = Sabl. 1996, S. 1183

sens und der – bei den Anweisungen nach dem BImSchG – für den Immissionsschutz zuständigen Landesbehörden[23]).

Dieser Einfluß der „beteiligten Kreise“ oft z.T. ganz erheblich; wie groß er ist, läßt sich im Einzelfall nur schwer ermitteln. Juristisch handelt es sich nur um eine Anhörung, materiell wird die Entscheidung weitgehend auf die „beteiligten Kreise“ verschoben. Das ist in der Sache erfreulich. Es kommt aber auf die Auswahl der „beteiligten Kreise“ an. Durch die Auswahl der Kreise wird weitgehend über den Inhalt der Anweisungen entschieden, weil die beteiligten Kreise in der Regel die wirtschaftlich interessierten Kreise sind. Das Problem besteht darin, daß die Organisation der Auswahl und der Beteiligung dieser Kreise im Gesetz nicht hinreichend definiert ist. Die Steuerung des Entscheidungsprozesses erfolgt allein durch die Verwaltung und die mächtige Lobby, soweit sie sich mit ihren Vorstellungen durchsetzen kann.

6. DIN-Normen

Als letztes Beispiel möchte ich auf die DIN-Normen, d.h. auf die Normen des Deutschen Instituts für Normung e.V. eingehen und damit gewissermaßen schon zum nächsten Vortrag überleiten. Denn bei den DIN-Normen ist die Privatisierung der Rechtsetzung noch weiter getrieben als bei der Anhörung der beteiligten Kreise. Die Bedeutung des DIN beruht natürlich weitgehend auf der Qualität seines Normenwerkes. Die DIN-Normen sind wichtig für die – nach dem GWB wettbewerbsrechtlich zulässigen – Normungsverträge[24]), die ohne eine derartige Zulassung weitgehend unzulässige Kartelle wären. Die Normen sind für das Wirtschaftsleben schlicht notwendig, ein Segen.

Die heutige juristische Problematik ist weitgehend bestimmt durch die Europäisierung des Rechts, durch die Notwendigkeit, die Normen in Europa zu vereinheitlichen. Damit komme ich auf einen Problemkreis, den ich noch nicht berührt habe, der aber inzwischen eine ganz zentrale Bedeutung gewonnen hat. Die Bundesrepublik steht vor dem Problem, wie sie ihre europarechtliche Verpflichtung erfüllt, an der Schaffung eines einheitlichen Europäischen Normensystems mitzuwirken. Dabei zeigt sich, daß es ohne die beteiligten Kreise, ohne die Wirtschaft nicht geht. Der Staat braucht die Hilfe der Wirtschaft und er erhält sie durch das DIN. Durch einen Vertrag aus dem Jahre 1984 hat die Bundesregierung das DIN als die zuständige Normenorganisation anerkannt. Dafür werden der Bundesregierung Sitze in den Lenkungsgremien der Normenausschüsse eingeräumt. Auch verpflichtet sich das DIN, auf Antrag der Bundesregierung bestimmte Normierungsarbeiten durchzuführen[25]).

---

23) BImSchG § 51

24) Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen i.d.F. d. Bek. vom 20. Februar 1990, BGBl. I S. 235, § 5

25) Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister für Wirtschaft, und dem DIN Deutsches Institut für Normung e.V., vertreten durch den Präsidenten, vom 5. Juni 1975, mit Ergänzungen vom 26.1./15.2.1984

Das Interessante an diesem Vertrag ist, daß hier nicht eine private Organisation zur Erledigung der öffentlichen Aufgaben des Staates herangezogen wird. Die öffentliche Aufgabe der Setzung technischer Normen ist gewissermaßen am Staat vorbei gelaufen und vom Staat nicht als eine höchst wichtige wirtschaftspolitische, d.h. als öffentliche Aufgabe erkannt worden. Europa hat die Einschaltung des Staates in diese Aufgabe erzwungen; dem deutschen Staat bleibt nichts übrig, als sich der privaten Organisation des DIN zu bedienen, um seine Aufgabe erfüllen zu können. Das hat in dem genannten Vertrag weitere Konsequenzen.

(1) Zunächst verzichtet die Bundesregierung auf den Erlaß eigener staatlicher Vorschriften, soweit das DIN – in Abstimmung mit der Bundesregierung – tätig wird. Die DIN-Normen treten faktisch an die Stelle der fehlenden staatlichen Normen.

(2) Weiter verpflichtet sich die Bundesregierung bei Ausschreibungen und bei der Vergabe von Aufträgen, die einschlägigen DIN-Normen zugrunde zu legen. Auch insoweit bekommt das DIN durch den weitgehenden, freilich nicht vollständigen Verzicht auf eigene staatliche Normierung die Federführung in allen Normierungsfragen.

(3) Es ist weiter vereinbart worden, daß die Benutzung der Normen nicht als Verstoß gegen das GWB angesehen wird.

(4) Auch bei Sicherheitsprüfungen verpflichtet sich die Bundesregierung, das Normenwerk als verbindlich für sich zugrunde zu legen.

Es gibt noch andere rechtliche Auswirkungen der DIN-Normen. Aber diese Beispiele mögen genügen. Der Bundestag ist sicherlich nicht an das Normenwerk des DIN gebunden, ebenso wenig die Richter. Doch sind dabei die Grenzen richterlicher Erkenntnismöglichketien zu bedenken. Die Richter können technischen Fragen nicht aus eigener Sachkunde beurteilen, sondern sind fast immer auf das Urteil von Sachverständigen angewiesen. Kommt es zu einem DIN-Normen betreffenden gerichtlichen Verfahren, in dem das Gutachten eine technischen Sachverständigen eingeholt werden muß, so wird er praktisch immer den Ausschlag geben. Der Sachverständige spricht praktisch das Urteil mit seinem Gutachten.

Dieser an sich bekannte Sachverhalt führt aber dazu, daß die Gutachter, die gewohnt sind, mit den Normen des DIN zu arbeiten, diese Normen auch ihren Urteilen zugrunde zu legen pflegen. So kann auf diesem Wege das Normenwerk des DIN praktisch auch für die Rechtspflege eine Art Quasi-Verbindlichkeit erlangen[26])

---

26) vgl. dazu auch unten den Beitrag von Knoke, S. 125ff.

V. Folgerungen

Erlauben Sie mir am Ende dieses knappen Vortrages, der das Thema nur anreißen konnte, ein paar allgemeine Bemerkungen und Fragen. Die Hauptfrage: Stimmen unsere allgemeinen normentheoretischen Vorstellungen noch? Was kann der staatliche Gesetz- und Verordnungsgeber leisten? Brauchen wir ein anderes, völlig neues Verständnis der Normen?

Ehe wir wohl begründete Vorstellungen aufgeben, sollten wir versuchen, die Mängel unserer Theorie gründlicher zu analysieren. Aber eines ist sicher. Der Normenbedarf hat so ungeheuerlich zu genommen, und die Maschine der Normierungen hat ihren Lauf so beschleunigt, daß die in der Verfassung begründeten organisatorischen Vorstellungen, die hinter unseren normtheoretisch begründeten Verfassungsvorstelllungen stehen, auf die Dauer nicht werden halten können. Organisationsentscheidungen waren seit jeher Volumenentscheidungen. Wenn das Volumen des Normbedarf sich so dramatisch verändert hat, wie wir das erleben, so muß die Organisation des normgebenden Apparats von Grund auf neu durchdacht werden. Der „schlanke Staat" kann den wachsenden Bedarf an Normen weder quantiativ noch qualitativ bewältigen.

Ich will keinen Weg weisen, wohin die Fahrt gehen soll. Der Rechtsstaat ist für uns Juristen ein hohes Gut. Daher ist es eine wichtige Aufgabe, die Frage nach der Bewahrung des Rechtsstaates im Bereich des Normierungswesen sorgfältig zu beobachten. Daß bisherigen Vorstellungen vor allem im Bereich der Technik allerdings zum Problem geworden sind, habe ich zu zeigen versucht.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. HANS SIEBKE (Bad Homburg)

Technische Normung heute, aufgezeigt an einem Beispiel aus dem Bauwesen

1 Einleitung

Widerspruch in nur einem einzigen, wiederholbaren Experiment bringt in einer auf Beweisbarkeit beruhenden Wissenschaft ein ganzes Theoriegebäude zum Einsturz. Dem gegenüber bekennt Conrad Ferdinand Meyer in „Huttens letzte Tage“: „... ich bin kein ausgeklügelt Buch, ich bin ein Mensch mit seinem Widerspruch“.

In diesem Spannungsfeld zwischen Theorie und Praxis, zwischen Erwartung und Erfüllung, zwischen Plan und Wirklichkeit ist die bautechnische Normung angesiedelt, der im Blick auf Europa, unter dem Zwang leerer Kassen, bei unübersehbarer Arbeitslosigkeit neben der wirtschaftlichen heute auch eine politische Komponente zukommt.

Welche Situation ist hier und heute vorzufinden?

Jeder ist breiter Zustimmung und lauten Beifalls sicher, der in öffentlicher Versammlung die Flut bautechnischer Vorschriften und die damit verbundene Bürokratie beklagt. Gleichgültig ob vor Verbrauchern, Politikern oder selbst vor Ingenieuren gesprochen wird. Man macht sich lustig über VDI-Regeln, EUROCODES und DIN-Normen. Auch wenn es mir eine Art Galgenhumor zu sein scheint, der bei Bild 1 im Organ der deutschen Ingenieurkammern, dem Deutschen Ingenieurblatt, zur Feder greifen ließ.

Denn schon auf der nächsten Seite (Bild 2) wird es ernst, wenn vom Druck der Regeln gesprochen wird, welche die Wirtschaftlichkeit und Kreativität hemmen sollen. Von Politikern wird gefordert die Normen zu entrümpeln, um billigen Wohnraum zu ermöglichen. Die Niederlande mit den kellerlosen Häusern und steilen Treppen werden als Vorbild gesehen.

Gleichzeitig wird Umweltschutz, bei der Auswahl der Baustoffe und Bauschuttbeseitigung gefordert. Lärm- und Wärmedämmung sind ebenso nachzuweisen, wie dem Denkmalschutz zu genügen ist. Wie diese sich überkreuzenden Anforderungen ohne Regelungen, ohne Bürokratie zu erfüllen sind, bleibt unausgesprochen.

Die herausfordernde Aufgabe stellt sich aber nicht nur auf nationaler Ebene. Der politische Wille, Europa zusammenzuführen, wird nicht, wie in vergangenen Tagen durch Heirat der Herrschaftshäuser, „tu felix austria nube“, oder durch kriegerische Besetzung angestrebt, sondern durch parlamentarische Entscheidung der Mitgliedsländer. Dabei wird der Weg zur Verwirklichung über das wirtschaftliche Miteinander gesucht, in der Vorstellung, der rechtliche, soziologische und politische Raum, in dem jede nationale Wirtschaft steht, wird entsprechend angepaßt oder paßt sich quasi von selbst an.

Diese vielfältigen Anforderungen werden sicher nicht durch eine Verweigerungshaltung im Bauen à la Hundertwasser gelöst, doch gibt er den provokativen Anstoß, darüber nachzudenken, was die Gesellschaft allgemein vom Bauen verlangt. Nur wenn es gelingt, Normen sowohl für Ingenieure wie für Manager, Politiker und selbst dem Bewoh-

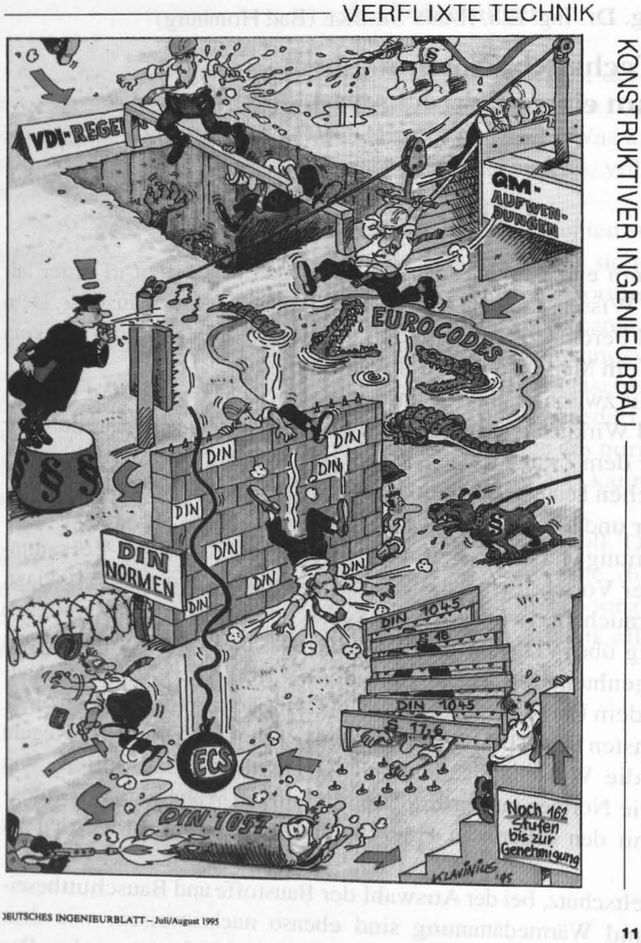


Bild 1: Geißelung des Regel-Wirrwarrs (Dtsch. Ingenieurblatt 1995)

ner nachvollziehbar zu gestalten, kann Akzeptanz erwartet werden. Große Ziele sind nur über konsequentes Erfüllen der nötigen Anforderungen im Detail zu erreichen.

Aus dem Blickwinkel der Normenerarbeitung möchte ich aufzeigen, wie konsequentes Beachten der Regeln für die Europäische Normung hilft, den genannten Vorstellungen näherzukommen. Hierzu sind sechs Punkte anzusprechen:

– Möglichkeiten zum Strukturieren einer Norm,
– Voraussetzung zum Aufstellen einer Europäischen Norm
– Teamarbeit mit PC-Unterstützung
– Die zu beachtende Zielsetzung einer Europäischen Norm,
– Die Bedeutung der drei offiziellen Sprachen
– Die Europäische Normung als politischer und gesellschaftlicher Prozeß

TECHNIK

KONSTRUKTIVER INGENIEURBAU

Zu viele technische Vorschriften hemmen die Kreativität

Der Druck von Preis und Regeln nimmt überhand

Die Bedingungen für die Tragwerksplanung sind in den letzten Jahren schwieriger geworden

Wenn der Tragwerksplaner sich seiner planerischen und konstruktiven Aufgaben technisch korrekt und einfallsreich entledigen will, dann stößt er heutzutage auf immer mehr wirtschaftliche und regelsetzende Barrieren. Zu deren Überwindung benötigt er Zivilcourage und ein starkes Rückgrat. Vieles, allzu vieles, ist da in den letzten hektischen Jahren zusammengekommen – und es erscheint an der Zeit, eine Zwischenbilanz zu ziehen. Eine solche versuchen wir in diesem und in den nächsten Heften unter den besonderen technischen Aspekten des Industriebaus, und zwar nicht nur in fachtechnischer, sondern, wie in diesem ersten Teil, auch in allgemein beruflicher Hinsicht.

Werden kreative Konstruktionen – wie diese Glastonnenkonstruktion für die Neue Messe Leipzig – künftig seltener, weil Regeln und Vorschriften die Tragwerksplaner immer mehr einengen?

Bei den an unseren Stadträndern in den vergangenen Jahrzehnten errichteten Bauten handelt es sich zumeist um reine Zweckbauten, die für die möglichst wirtschaftliche Herstellung eines bestimmten Produkts erstellt worden sind. Eine bewußte Gestaltung wurde bei der Planung solcher Bauten, falls sie nicht sowieso „von der Stange" gekauft sind, oft als überflüssige Zutat betrachtet. Die

12 DEUTSCHES INGENIEURBLATT – Juli/August 1995

Bild 2:
Kritik am Normenumfang
(Dtsch. Ingenieurblatt 1995)

Die PNE-Regeln sind die „Regeln für die Abfassung und die Gestaltung Europäischer Normen", die sich das CEN, das Comité Européen de Normalisation, als Teil 3 ihrer Geschäftsordnung gegeben hat. Im CEN sind die europäischen nationalen Normeninstitute zusammengeschlossenen. Die PNE-Regeln sind als DIN V 820–2 in das deutsche Normenwerk übernommen und somit auch beim Erarbeiten von DIN-Normen zu beachten. Dies wird nötig, wenn eine, als DIN EN übernommene Europäische Norm, eine bestehende DIN-Norm nicht in allen Punkten ersetzt.

2 Möglichkeiten zum Strukturieren einer Norm

Die modalen Hilfsverben mit ihren Umschreibungen bestimmen das Grundmuster einer Europäischen Norm. Nach den PNE-Regeln sind unterschiedliche Verbindlichkeiten in der Norm eindeutig und einheitlich zu formulieren:

- mit „muß" die Anforderungen
- mit „darf" die Erlaubnisse
- mit „kann" die Möglichkeiten
- mit „sollte" die Empfehlungen

Für Ostfriesen dürfte dies leicht einzusehen sein, lautet ihr Rezept für einen echten Grog doch:

- Rum muß,
- Zucker darf,
- Wasser kann, ist aber nicht nötig,

und aus Erfahrung fügen sie hinzu:

- ein silberner Löffel sollte in das Glas gestellt werden, damit es nicht zerspringt.

Dieses Muster für Regelungstexte galt nach DIN 820 bisher auch schon für DIN-Normen, wurde aber nicht besonders streng beachtet. Durch die Forderung für die Europäischen Normen drei gleichwertige Fassungen in deutsch, englisch und französisch aufzustellen, war man gezwungen, für diese modalen Hilfsverben eine verbindliche Verwendung festzuschreiben.

Alle drei Sprachen haben hierzu Federn lassen müssen.

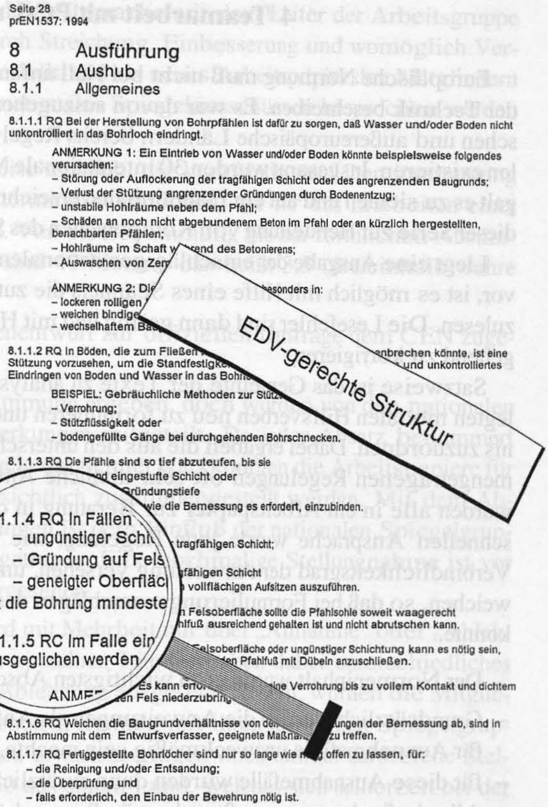
- So ist das deutsche „soll" nicht mehr zulässig.
- Im Englischen ist „must" nicht zu verwenden, und der oft unscharfe Gebrauch von „may" und „can" wurde mit „may" gleich „darf" und „can" gleich „kann" fixiert.
- Im Französischen ist „devrait" durch „il convient de" zu ersetzen, und da „pouvoir" sowohl „darf" wie „kann" beinhaltet, sind hier die Umschreibungen wie „il est admis" für „darf" bzw. „est capable de" für „kann" anzuwenden.

Damit strukturieren die modalen Hilfsverben in der Praxis einen Normentext viel strenger als es DIN 820 mit nahezu gleichen Regelungen bewirkte, da immer bedacht werden muß, wie die Übersetzung zu formulieren ist.

Wird zusätzlich vereinbart:

- in einem Absatz, als kleinste Einheit eines Normentextes, nur Anweisungen mit ein und derselben Verbindlichkeit aufzunehmen,
- die Absätze verweisungsfähig zu numerieren und den Grad ihrer Verbindlichkeit zu kennzeichnen sowie
- alle Aufzählungen konsequent durch Spiegelstriche hervorzuheben,

so ist eine leistungsfähige und EDV-gerechte Struktur für den Normentext geschaffen, die sich schon aus dem Druckbild ablesen läßt (Bild 3).


Seite 28
prEN1537: 1994

8 Ausführung
8.1 Aushub
8.1.1 Allgemeines

8.1.1.1 RQ Bei der Herstellung von Bohrpfählen ist dafür zu sorgen, daß Wasser und/oder Boden nicht unkontrolliert in das Bohrloch eindringt.

ANMERKUNG 1: Ein Eintrieb von Wasser und/oder Boden könnte beispielsweise folgendes verursachen:
– Störung oder Auflockerung der tragfähigen Schicht oder des angrenzenden Baugrunds;
– Verlust der Stützung angrenzender Gründungen durch Bodenentzug;
– unstabile Hohlräume neben dem Pfahl;
– Schäden an noch nicht abgebundenem Beton im Pfahl oder an kürzlich hergestellten, benachbarten Pfählen;
– Hohlräume im Schaft w…rend des Betonierens;
– Auswaschen von Zem…

ANMERKUNG 2: Die … besonders in:
– lockeren rolligen…
– weichen bindige…
– wechselhaftem Ba…

8.1.1.2 RQ In Böden, die zum Fließen … nbrechen könnte, ist eine Stützung vorzusehen, um die Standfestigke… und unkontrolliertes Eindringen von Boden und Wasser in das Bohrl…

BEISPIEL: Gebräuchliche Methoden zur Stütz…
– Verrohrung;
– Stützflüssigkeit oder
– bodengefüllte Gänge bei durchgehenden Bohrschnecken.

8.1.1.3 RQ Die Pfähle sind so tief abzuteufen, bis sie … nd eingestufte Schicht oder … Gründungstiefe … wie die Bemessung es erfordert, einzubinden.

8.1.1.4 RQ In Fällen
– ungünstiger Schi… tragfähigen Schicht;
– Gründung auf Fels… fähigen Schicht
geneigter Oberfläc… vollflächigen Aufsitzen auszuführen.
ist die Bohrung mindeste…

… n Felsoberfläche sollte die Pfahlsohle soweit waagerecht … hlfuß ausreichend gehalten ist und nicht abrutschen kann.

8.1.1.5 RC Im Falle ein… Felsoberfläche oder ungünstiger Schichtung kann es nötig sein, ausgeglichen werden … den Pfahlfuß mit Dübeln anzuschließen.

… Es kann erfo… ine Verrohrung bis zu vollem Kontakt und dichtem
ANME… n Fels niederzubring…

8.1.1.6 RQ Weichen die Baugrundverhältnisse von de… ungen der Bemessung ab, sind in Abstimmung mit dem Entwurfsverfasser, geeignete Maßna… zu treffen.

8.1.1.7 RQ Fertiggestellte Bohrlöcher sind nur so lange wie … offen zu lassen, für:
– die Reinigung und/oder Entsandung;
– die Überprüfung und
– falls erforderlich, den Einbau der Bewehrung nötig ist.

Bild 3:
Kennzeichnung der Verbindlichkeit und Numerierung der Regeln

3 Voraussetzung zur Aufstellung einer Europäischen Norm

Das Erarbeiten einer Europäischen Norm ist kein Naturereignis. Es bedarf hierzu eines Mandates der Europäischen Kommission an das CEN oder der Anregung eines anderen Interessenträgers. Damit klärt sich dann auch das Problem der Kostenverteilung. Für den in Rede stehenden Fall hatte sich die Europäische Vereinigung der Tiefbauunternehmer genötigt gesehen, Europäische Normen für die Herstellung spezieller Tiefbaukomponenten zu finanzieren, um auf dem europäischen Markt gleiche Wettbewerbsbedingungen zu wahren. Es wurden 1992 vorerst drei Arbeitsgruppen für Schlitzwände, Bohrpfähle und Erdanker eingerichtet und mit Fachleuten aus der Europäischen Union und den EFTA-Ländern beschickt.

Ich beziehe mich hier auf das Erarbeiten der Bohrpfahlnorm.

Eine schnelle und effiziente Arbeitsweise war angesagt, die neben der vorgestellten Struktur des Normentextes durch konsequenten Einsatz der Datenverarbeitung auf dem PC erreicht wurde.

4 Teamarbeit mit PC-Unterstützung

Europäische Normung muß nicht bei Null anfangen. Sie soll den vorhandenen Stand der Technik beschreiben. Es war davon auszugehen, daß in den verschiedenen europäischen und außereuropäische Ländern bereits Regelwerke zum Herstellen von Bohrpfählen existieren. Insgesamt wurden 30 internationale Normen herangezogen. Diese Normen galt es zu sichten und auf ein Hauptinhaltsverzeichnis hin zu ordnen, das für alle Normen dieser Serie zur Herstellung von Komponenten des Spezialtiefbaus vorgegeben wurde.

Liegt eine Ausgabe der einschlägigen nationalen Norm mit einem sauberen Druckbild vor, ist es möglich mit Hilfe eines Scanners die zutreffenden Textpartien in den PC einzulesen. Die Lesefehler sind dann gering und mit Hilfe einer Rechtschreibeprüfung weitgehend zu korrigieren.

Satzweise ist das Gemeinte der Texte zu analysieren und womöglich mit den festgelegten modalen Hilfsverben neu zu formulieren und dem vorgegebenen Inhaltsverzeichnis zuzuordnen. Dabei ergaben die aus den unterschiedlichen nationalen Normen zusammengetragenen Regelungen oft sehr ähnliche Anforderungen oder Empfehlungen. Sie wurden alle in ein Arbeitspapier zur Beratung in der Arbeitsgruppe aufgenommen. Zur schnellen Ansprache wurde jede Regelung, wie vereinbart, benummert und mit dem Verbindlichkeitsgrad der Anweisung versehen, um in der Diskussion nicht davon abzuweichen, so daß bei Formulierungsvorschlägen das zutreffende Verb angemahnt werden konnte.

Der Normeninhalt wurde vom wichtigsten Abschnitt ausgehend erarbeitet:

- Grundsätzlich wurden die Anweisungen als Anforderungen abgefaßt, auch wenn dies für Ausnahmefälle unzweckmäßig sein mochte,
- für diese Ausnahmefälle wurden dann zusätzlich, bedingte Erlaubnisse formuliert.
- Alle Anforderungen mußten begründbar und überprüfbar sein, wo die Begründung nicht die Zustimmung aller Fachleute fand, wurde geprüft, ob die Anweisung als Empfehlung auszudrücken war.

Bei den Formulierungen wurden vorbelastete Begriffe wie

- gewährleisten,
- garantieren,
- zugelassen oder
- sicherstellen

vermieden, um Mißdeutungen vorzubeugen.

Durchgehend wurden gleiche Benennungen für gleiche Begriffe verwendet. Ebenso wurden bei den modalen Hilfsverben alle adverbialen Ergänzungen gestrichen, die nur scheinbar eine Verdeutlichung des Gemeinten bewirken:

- Es ist ~~strengstens~~ untersagt, nachträglich Wasser zuzugeben.
- Die Temperatur sollte ~~unbedingt~~ beachtet werden.
- Es darf ~~womöglich~~ ein höherer Zementgehalt berücksichtigt werden.
- Ein Bohrloch kann ~~unter Umständen~~ unter Wasser stehen.

Die Besprechungsergebnisse konnten, in Absprache mit dem Leiter der Arbeitsgruppe über FAX, relativ einfach am PC durch Streichung, Einbesserung und womöglich Verschiebung in eine neue Reihung dargestellt, und als neues Arbeitspapier den Mitgliedern zugestellt werden, das auch mit den nationalen Spiegelausschüssen besprochen werden konnte.

So war eine flexible Handlungsweise möglich, die kurzfristig zur Übereinstimmung führte, um die äußerst knappen Zieltermine zu erreichen, die für das Erarbeiten einer Europäischen Norm vorgegeben sind. Von der Zustimmung bis zur förmlichen Abstimmung über eine Europäische Norm sind 40 Monate das heißt 3,5 (dreieinhalb) Jahre vorgesehen.

Nach 1,5 Jahren wurde der Normenentwurf zur offiziellen Umfrage dem CEN zugeleitet.

Die Umfrage hat allgemeine Zustimmung ergeben, doch wurden von den nationalen Spiegelausschüssen zahlreiche Anmerkungen mitgeteilt. Da jeder Absatz benummert und hinsichtlich der Verbindlichkeit gekennzeichnet war, konnten die Arbeitspapiere für die darauf folgenden Sitzungen übersichtlich zusammengestellt werden. Mit dem Abarbeiten der eingegangenen Bemerkungen ist dem Einfluß der nationalen Spiegelgruppen offiziell ausreichend Rechnung getragen. Eine nochmalige Stellungnahme ist vor der förmlichen Abstimmung nicht vorgesehen.

In der förmlichen Abstimmung wird mit Mehrheit nur über „Annahme" oder „Ablehnung" entschieden. Die Stimmen der einzelnen Länder haben dabei unterschiedliches Gewicht. Um nicht dem Risiko einer Ablehnung ausgesetzt zu sein, wurden die Mitglieder der Arbeitsgruppe noch einmal gebeten, Kontakt mit ihren jeweiligen Spiegelgruppen aufzunehmen. Wie nicht anders zu erwarten, gingen noch einmal zahlreiche Stellungnahmen ein. Dabei allein über 250 aus einem Land, welches sich seinerzeit bei der offiziellen Umfrage nur zu einer mokanten Bemerkung bequemt hatte.

Mit etwas Verspätung wurde im März dieses Jahres die Norm in den drei offiziellen Sprachen als Schlußentwurf vorgelegt. Erst der Aufruf zur förmlichen Abstimmung scheint zahlreiche Betroffene munter gemacht zu haben, denn noch einmal gehen Stellungnahmen grundsätzlicher Art, wie auch zu einzelnen Punkten ein. Dabei wird deutlich, daß die Kenntnis über die Zielsetzung der PNE-Regeln lückenhaft ist, daß die bautechnischen Regeln immer noch als obrigkeits-orientierte Vorschrift verstanden und die gewährten Freizügigkeiten durch abgestufte Verbindlichkeit nicht gewürdigt werden. Die Änderungswünsche mögen in einzelnen Fällen berechtigt sein, doch bleibt zu fragen, ob man nicht fünf Jahre mit einer noch nicht in allen Punkten optimalen Regelung leben kann, um bei der nächsten Fortschreibung der Norm seine Anregungen mit überzeugender Begründung international durchzusetzen. Es ist daran zu erinnern, daß eine Europäischen Norm durch Mehrheitsbeschluß verabschiedet wird, daß Verhandlungen ohne Ende ineffizient sind, daß vom CEN bewußt die äußerst knappen und dezidiert aufgeschlüsselten Termine gesetzt wurden und schließlich ist daran zu erinnern, daß die Anwendung einer Europäischen Norm freiwillig ist, also ist niemand gehindert nach eigener Vorstellung zu handeln.

Viel ärgerlicher ist, daß parallel die förmliche Abstimmung zum Eurocode 2-3 „Beton im Grundbau" als Europäische Vornorm prENV 1992–3 läuft, in der trotz Absprache zwischen den Leitern der Technischen Komitees unterschiedliche Regelungen für Bohrpfähle festgelegt werden. Womöglich führt dies zu einer Ablehnung beider Normprojekte, was mit Zeitverlust und unnötigen Kosten verbunden sein würde.

Es ist jedoch zu hoffen, daß diese Unstimmigkeiten noch überwunden werden und es fristgerecht zur förmlichen Abstimmung für prEN 1536: Bohrpfähle kommt. Nach der förmlichen Abstimmung wird noch etwa ein Jahr vergehen, bis die Europäische Norm verfügbar ist. Den nationalen Normenorganisationen bleibt dann die Aufgabe, sie unverzüglich in ihr jeweiliges Normenwerk zu übernehmen.

5 Die zu beachtende Zielsetzung einer Europäischen Norm

Es ist an die Zielsetzung einer Europäischen Norm zu erinnern. Die PNE-Regeln geben hierzu an (Zitat): „Der Zweck einer Europäischen Norm ist es, klare und eindeutige Festlegungen zu treffen, um den Handel und die Verständigung zu erleichtern." Es folgen eine Reihe von Anforderungen, die einzuhalten sind, um diesen Zweck zu erfüllen, darunter die Anforderung (Zitat): „Die Texte in den drei offiziellen Sprachfassungen müssen technisch gleichwertig und strukturell identisch sein.

Die Verwendung der drei offiziellen Sprachen von einem frühen Bearbeitungsstadium an ist eine große Hilfe für die Ausarbeitung von klaren und eindeutigen Texten" (Bild 4).

Von einem Ziel, wie die „Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung" oder anderen „Schutzzielen" ist nicht die Rede. Das ist nicht verwunderlich, denn die Wahrung und Durchsetzung dieser Ziele ist hoheitlicher Auftrag der nationalen Regierungen, und nicht des CEN. Regelungen für die Europäische Union, welche die nationale Hoheit berühren, werden nach festgelegtem Verfahren von der Europäischen Kommission formuliert. Die nationalen Regierungen haben sich verpflichtet, die Beschlüsse der Kommission in das nationale Recht zu übernehmen. Der Eurocode 2 ist eine solche Regelung der Europäischen Kommission. Offenbar herrschte die Vorstellung, Bemessungsnormen des Bauwesens regeln Sicherheit und Ordnung und betreffen somit hoheitliche Funktionen der nationalen Regierungen. Von dieser Auffassung ist man abgerückt; 1985 nahm der Ministerrat eine neue Konzeption für die technische Harmonisierung und Normung an.

Zur Beschreibung der Anforderungen ihrer Richtlinien verweist die Kommission auf Europäische Normen, und wo keine entsprechend harmonisierten Normen vorliegen, vergibt sie Mandate an das CEN, um solche zu erstellen. Da seinerzeit die Arbeiten an der Serie der Eurocodes schon soweit fortgeschritten waren, daß man nicht neu beginnen wollte, wurde zwischen der Kommission und dem CEN ein Abkommen geschlossen, die Eurocodes in der vorhandenen Form als Europäische Vornorm herauszugeben.

Nach der Erprobungszeit für Vornormen war für die Eurocodes 2, 3, und 4 bis zum 15. März 1995 zu entscheiden, wie weiterhin zu verfahren sei. Es wurden 5 Optionen vorgegeben, wobei die Option 1 das Beibehalten als EN in der heutigen Form und die Option 5 die Zurückziehung der ENV bedeuteten. Von 17 Nationen haben 15 für die Option 3 gestimmt, danach sind die Eurocodes bis Ende 1998 nach den PNE-Regeln umzuformulieren, die Gültigkeit der Vornormen gilt bis dahin als verlängert. Eingeweihten mußte klar sein, daß eine vollständige Anpassung der Eurocodes an die PNE-Regeln, wie administrativ beschlossen, politisch nicht durchzusetzen ist.

Die Helden waren müde.

Das TC 250 hat mit CEN in einem Kompromiß erreicht, daß abweichend von den PNE-Regeln die Unterscheidung nach „Grundsätzen" und „Anwendungsregeln" sowie die Absatznumerierung beibehalten werden, andererseits aber die regelgerechte Verwendung der modalen Hilfsverben beachtet wird. Dieser Zusammenhang muß beachtet werden, wenn man verstehen will, warum zur Zeit die Eurocodes eine andere Struktur aufweisen als die originären Europäischen Normen.

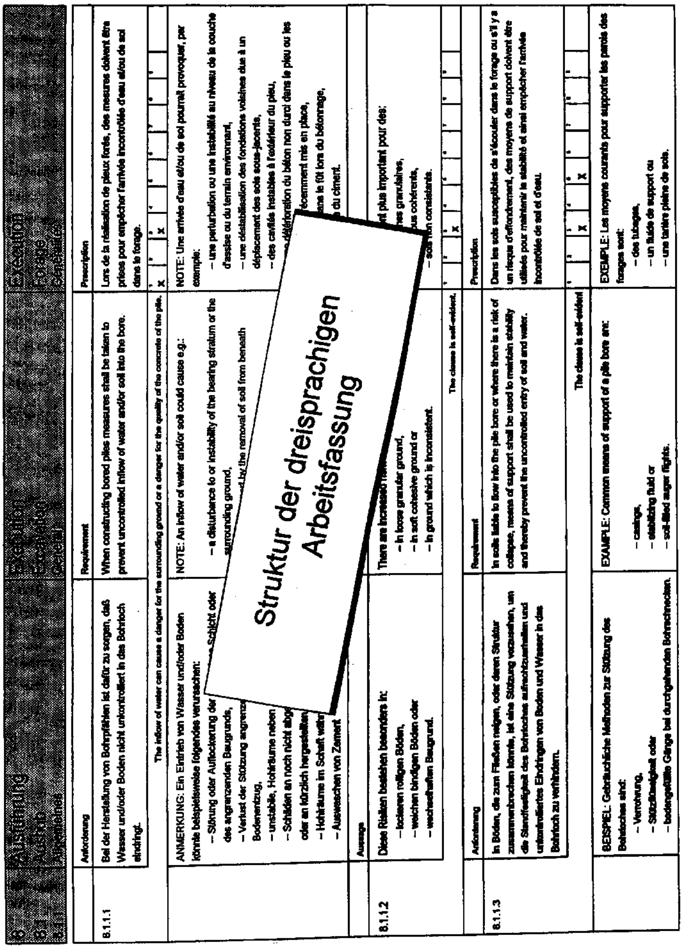


Bild 4: Dreisprachige Arbeitsfassung

6 Die Bedeutung der drei offiziellen Sprachen

Ein nicht zu vernachlässigender Tatbestand ist die Dreisprachigkeit der Europäischen Normen. Es war sicher ein politischer Erfolg auch die deutsche Sprachfassung als offiziell und gleichwertig neben den beiden anderen Sprachfassungen in Englisch und Französisch durchzusetzen.

In der Praxis der Normenarbeit darf dies nicht vernachlässigt werden. Die Gefahr besteht durchaus, da für eine ISO-Norm nur eine französische und eine englische offizielle Fassung existiert und schon jetzt zu beobachten ist, daß sich das DIN schwer tut bei Europäischen wie internationalen Entwürfen rechtzeitig für das Vorliegen deutscher Fassungen zu sorgen.

Das hat unterschiedliche Gründe, die nicht nur beim DIN liegen:

- Übersetzungen sind teuer.
- Nur Fachleute können wirklich sachgerecht übersetzen.
- Mehrsprachige Fachleute sind knapp und womöglich noch teurer, mehrsprachige Fachleute beanspruchen oft einen Elitestatus, der sie eine deutsche Fassung als unnötig empfinden läßt.
- Die wirtschaftliche Bedeutung der deutschen Sprache, vor allem in den östlichen Ländern wird nicht gesehen.

Dabei setzt die Vertretung eines deutschen Standpunktes in internationaler Verhandlung zwar die Beherrschung fremder Sprachen voraus, muß aber auf einer deutschsprachigen Fassung beruhen, da Sprache und Denken eng verknüpft sind. Bei der Auswahl der Arbeitsgruppenmitglieder für das Erarbeiten einer Europäischen Norm ist Fachwissen vorrangiger Ausweis. Da eine in ganz Europa zu verwendende Norm das Arbeitsziel ist, ist die Teilnahme von Experten aus Regionen mit möglichst unterschiedlichen Gegebenheiten wünschenswert. Zu den unterschiedlichen Gegebenheiten zählen neben meteorologischen oder geologischen Verhältnissen auch Traditionen von unterschiedlichen Schulen und Denkweisen im Ingenieurwesen, wie auch die verschiedenen sozialen und rechtlichen Rahmenbedingungen.

Es muß jedoch gesagt werden, daß die Mitglieder in der Arbeitsgruppe nicht die Nation, der sie entstammen, vertreten, sondern ausdrücklich das Fach, welches verhandelt wird. Nationale Interessen sind über die Spiegelgruppen und während der Umfrageperioden über die nationalen Normen-Organisationen einzubringen. Daß es dennoch ratsam ist, schon in der Arbeitsgruppe bekannte nationale Besonderheiten zu berücksichtigen, dürfte gängige und sinnvolle Praxis sein.

Neben fachlicher Qualifikation und der Bereitschaft zur Zusammenarbeit in der Gruppe ist die Beherrschung der Verhandlungsprache bei den Arbeitsgruppenmitgliedern nötige Voraussetzung.

Wie geschildert, ist schon ein erster Entwurf der Norm den nationalen Spiegelausschüssen für eine erste Stellungnahme zu übersenden. Schon zu diesem Zeitpunkt ist auch eine Übertragung in die beiden anderen offiziellen Sprachen zweckmäßig und unbedingt zu empfehlen:

- Die PNE-Regeln verlangen die technische Gleichwertigkeit der drei offiziellen Sprachfassungen. Dies kann nur durch die Experten selbst erreicht werden, unter Umständen mit Unterstützung durch ein gutes Übersetzungsbüro.
- Arbeitspapiere in dreiprachiger Form, die einen Überblick über Aussage und Struktur in allen drei Sprachfassungen erlauben, sind eine wirkungsvolle Hilfe, um die Ziele der PNE-Regeln zu erreichen.
- In den Spiegelausschüssen ist ein besseres Verstehen der Texte gegeben, wenn sie dreisprachig vorliegen, und damit ist eine bessere Qualität der Bemerkungen zu erwarten.

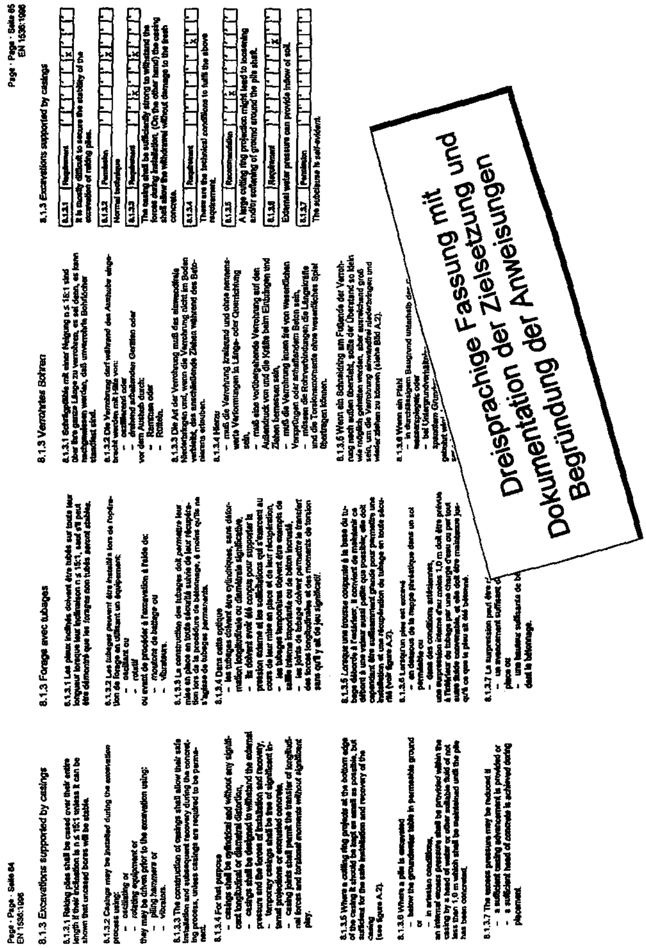


Bild 5: Dreisprachige Dokumentation

- In der Arbeitsgruppe selbst ist bei der Formulierung in drei Sprachen ein tieferes Durchdenken der Texte angesagt, da das Gemeinte womöglich zu einer Revision der ersten Sprachfassung führt, um in allen drei Sprachen zu gleichwertigen und gleich strukturierten Texten zu gelangen.
- Ein späteres Übersetzen führt, trotz verbreiteter, gegenteiliger Meinung, zu größeren Kosten und zu einem großen Zeitaufwand. Das Interesse der Beteiligten nach Fertigstellung des Textes in der Verhandlungsprache läßt nach und die redaktionelle Feinarbeit ohne gegenseitige Unterstützung ist zeitaufwendig.
- Während der Bearbeitungszeit entsteht für die Fachbenennungen nahezu zwangsläufig ein Vokabular mit zugehörigen Definitionen. Die durchgängig gleiche Benennung für gleiche Tatbestände wird sofort abgeklärt und damit eine klare und eindeutige Abfassung der Texte gefördert (Bild 5).

Auf die Empfehlung der PNE-Regeln, die drei offiziellen Sprachen von einem frühen Bearbeitungsstadium an zu verwenden, sei noch einmal nachdrücklich hingewiesen.

Der Versuch die Übersetzung durch entsprechende EDV-Programme zu unterstützen, ist leider mißlungen. Bisher können gute Textprogramme mit Hilfe der Rechtschreibprüfung Flüchtigkeitsfehler erkennen und eine Gramatikprüfung bewahrt vor einigen Unstimmigkeiten.

Trotzdem ist bei dem großen Bedarf an der Übersetzung technischer, juristischer oder kaufmännischer Texte, die meist nach einfachem Satzaufbau formuliert werden, ein Fortschritt bei technischen Übersetzungshilfen zu erwarten.

7 Zusammenfassung der Erfahrungen

Die PNE-Regeln sind hervorragend geeignet, die Ziele Europäischer Harmonisierungsbestrebungen zu unterstützen. Es konnte gezeigt werden, so denke ich, daß die Aufteilung, oder wenn Sie wollen, die Digitalisierung des Normentextes in abzählbare Elemente, die auf der Struktur der modalen Hilfsverben beruht, die Chance eröffnet mit den beklagten Widrigkeiten, die mit dem Stichwort „Norm" in den Sinn kommen, aufzuräumen.

Ich denke, daß diese Chance gemeint ist, die Herr Kunerth (zweiter Stellvertreter des Präsidenden des DIN) in seinem richtungsweisenden Vortrag „Normung in Europa und das DIN – Ziele bis zum Jahr 2005" vor dem Präsidium des DIN im April gehalten hat, und ausführt: „Es geht darum, den Fundus des technischen Wissens leicht erschließbar zu machen, durch eine Datenbank mit logisch verknüpften Dokumenten – die den Leser gezielt von einer Stelle in einem Dokument zu einem Absatz in einem anderen Dokument führt."

Bis zur Verwirklichung dieser Vision sind allerdings noch eine Reihe von Voraussetzungen zu erfüllen, die nur mit Ausdauer und Zähigkeit der einmal Überzeugten zu erreichen sind.

8 Europäische Normung als politischer und gesellschaftlicher Prozeß

Der Zweck, mit Hilfe Europäischer Normen Handelshemmnisse innerhalb der Europäischen Union beseitigen zu helfen, ist ein politischer Auftrag. Wie vertragen sich,

- auf Wahrheitssuche befindliche Wissenschaft,
- auf Machbarkeit und Sicherheit bedachte Technik,
- auf Gewinn und Überleben ausgerichtete Bauunternehmen

mit den politischen Zielen? Sie sind sicher nicht isoliert zu sehen, wie auch früher schon Normung immer unter unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet wurde.

Neu ist, daß die Auseinandersetzung europaweit stattfindet. Wenn nationale Vorstellungen sich in der Europäischen Union durchsetzen sollen, nützt es nichts von der Richtigkeit einer Vorgehensweise persönlich überzeugt zu sein. Es sind in anderen Ländern Mitstreiter zu gewinnen, um im förmlichen Abstimmungsprozeß zu obsiegen. Fachleute, die fähig und bereit sind diplomatisch die eigene Überzeugung zu vertreten, sind

- zu suchen,
- zu entsenden und
- zu bezahlen.

Die eigene Überzeugung kann aber nur erfolgreich vertreten werden, wenn

- die Zusammenhänge nachvollziehbar,
- die Regelungen begründbar und
- der Erfolg vorzeigbar sind.

Im Zusammenhang mit der bautechnischen Normung stellen sich dabei selbstkritische Fragen:

- Wie sieht es mit einer Qualitätskontrolle der Normungsarbeit aus.
- Interessieren wir uns als Produzenten von Normen überhaupt für die Einschaltquoten?
- Wie weit und wie schnell dringen die getroffenen Regelungen in die Entwurfsbüros und auf die Baustelle vor?
- Wie weit werden sie beachtet oder raffiniert umgangen?
- Was ist nötig und was ist überflüssig in einem technischen Regelwerk?
- Nach welchen Maßstäben ist die Qualität einer Norm zu bewerten?

Europäische Normung ist eine Herausforderung an die Zukunft. Das Zusammenrücken der Völker, die Probleme der Umwelt, die Verteilung von Arbeit und Einkommen, kurz alle befürchteten oder realen Probleme erfordern ein Zusammenwirken vieler, die sich verständigen müssen. Dieser Verständigung dienen Europäische Normen. Die Verständigungsbereitschaft müssen die Lebenden selbst einbringen.

Nachbemerkung

Im Vortrag wurden die folgenden Abschnitte gestrichenen. Während der Diskussion habe ich folgende Gedanken vorgebracht.

9 Offen gebliebene Wünsche

Diese betreffen:

- Die Gestaltung der einzelnen Norm
- Die Systematisierung einer dynamischen Fortschreibung der Norm
- Die Vernetzung von Normen gleichartiger Zielbereiche zur Reduzierung des Gesamtumfanges

Für jede einzelne Norm ist anzustreben auch eine dreisprachige Fassung als Europäische Norm herauszugeben. Dies wäre für viele Anwender, die über die nationalen Grenzen hinaus tätig sind und für Normenorganisationen anderer Länder, die eine Übersetzung in die eigene Landessprache vornehmen, eine große Hilfe. Hinsichtlich des Copyright müßten sich die im CEN zusammengeschlossenen nationalen Normungorganisationen dahingehend verständigen.

Zusätzlich ist noch von der Arbeitsgruppe eine Dokumentation zu verabschieden, in der Aussage für Aussage die Begründung der Anweisungen festgehalten werden. Diese Begründungen haben vielfältigen Nutzen:

- Die Formulierung zwingt die Mitglieder der Arbeitsgruppe vertieft über das Bezwecken der jeweiligen Anweisung nachzudenken. Anweisungen, die nicht einstimmig zu begründen sind, haben in der Norm keinen Platz. Die Zahl der verbindlichen Regelungen reduziert sich damit nahezu automatisch.
- Den Spiegelgruppen wird der Hintergrund der Überlegungen in der Arbeitgruppe aufgezeigt. Einsprüche oder Ergänzungen sind dann sachgerechter aufzunehmen oder zurückzuweisen.
- International sind Regelungen nur durchzusetzen, die argumentativ vertreten werden können.
- Bei dem Fortschreiben der Norm im Fünfjahres-Rhythmus kann geprüft werden, ob die Gründe für die einzelnen Anweisungen noch Bestand haben. Entsprechend ist die Norm punktuell zu verändern, ohne das ganze Gebäude wieder neu errichten zu müssen.
- Werden bei der Normenorganisation während der Laufzeit der Norm getrennt zu den einzelnen Elementen alle Probleme, Auslegungsentscheidungen oder Veränderungswünsche in einfachster Form, etwa wie ein Arzt seine Patienten-Unterlagen führt, gesammelt, so stehen der zur Fortschreibung eingesetzten Arbeitsgruppe fundierte Unterlagen zur Verfügung, als Voraussetzung für eine kurze Bearbeitungszeit.
- Normen ähnlicher Thematik können durch Vergleich der einzelnen Anweisungen in sich harmonisiert werden, indem alle weitgehend übereinstimmenden Anweisungen wortgleich formuliert werden und andererseits die begründeten Unterschiede deutlich herausgestellt werden.

10 Möglichkeiten zur umfassenden Nutzung der EDV

Diese aufgezeigte Methodik zur Fortschreibung und Vernetzung der Normen kann dazu beitragen, sowohl das politische Ziel der Harmonisierung in Europa zu erreichen, als auch das Ersticken in einem uneinsichtigen Regelungswust zu vermeiden.

Helfen kann hierbei der konsequente Einsatz elektronischer Datenverarbeitung. Bei dessen Einsatz im Bereich der Normung ist jedoch zu unterscheiden zwischen der Dokumentation fertiger Normen sowie der Suche nach Normeninhalten durch den Anwender und der Unterstützung der Bearbeitung von Normen sowie ihrer Fortschreibung.

Im ersten Bereich wird nach formtreuer und inhaltsorientierter Dokumentation unterschieden. Bei Formtreue kann der Nutzer am Bildschirm in der Norm blättern und auch einzelne Texte ausdrucken, elektronisch gesucht werden kann aber nur nach vorgegebenen Deskriptoren. Bei Inhaltsorientierung ist die Suche nach beliebigen Begriffen möglich. Die Aufbereitung der Normenwerke nach diesen bibliographischen Zielen wird international betrieben. Etwas anderes meint die EDV-Unterstützung bei dem Erarbeiten einer Europäischen Norm, die meist dezentral auf dem PC des technischen Redakteurs stattfindet und noch kaum im Datenaustausch mit dem Sekretariat des Technischen Komitees steht.

Wesentliche Voraussetzung für die Weiterentwicklung ist die EDV-lesbare Kennzeichnung der Absätze und der Verbindlichkeitsgrad ihrer Anweisungen. Damit wären dann die angesprochenen Rasterfahndungen über verschiedene Normen hinweg möglich, etwa zum Auffinden gleicher oder gleichartiger Regelungen mit dem Ziel der Reduzierung des Normungsumfanges wie auch zum Ausmerzen von Widersprüchen.

Es fehlt zur Zeit leider noch die Verknüpfung der Verfahren der Dokumentation fertiger Normen mit den Anforderungen aus der Nutzung der EDV bei der Erstellung und Fortschreibung in den Arbeitsgruppen. Es bietet sich an, gewisse Anforderungen der späteren EDV-unterstützten Dokumentation schon während der Bearbeitung auf dem dezentralen PC zu erfüllen, und umgekehrt zur Fortschreibung der Normen aus der elektronischen Dokumentation die nötigen Inhalte in das individuelle Textverarbeitungssystem zu transferieren.

Die PNE-Regeln verweisen auf 58 Internationale Grundnormen, von denen einige aus mehreren Teilen bestehen, die bei der Abfassung einer Europäischen Norm zu beachten sind.

Bei der Überprüfung der Verfügbarkeit dieser Normen muß man leider feststellen, das die Liste überarbeitungsbedürftig ist, da einige Normen ihr Format geändert haben oder ersetzt worden sind. Beachtlich ist der Preis, 25.000 DM müssen Sie ausgeben, wenn Sie sich diese Reihe privat in Ihren Schrank stellen wollten. Hier erhebt sich natürlich die Frage der Überreglementierung. Wurde bei der Abfassung des Textes ausreichend in diese Normen geschaut, oder ist die Übereinstimmung nur zufallsbedingt?

Es wäre hilfreich, wenn diese Grundnormen den ehrenamtlich arbeitenden Fachleuten, oder wenigstens dem technischen Redakteur als CD ROM zur Verfügung gestellt würden, um im Zweifelsfall nachschlagen zu können. Die Arbeit der Normenprüfstellen würden damit entlastet.

Bericht über die Aussprache zu den Vorträgen Thieme und Siebke

(Vorsitz Scheer)

Zunächst wurde die Frage aufgeworfen, ob die beiden Vorträge etwas Gemeinsames enthielten oder ob sie Ausdruck der Tatsache seien, daß Juristen und Ingenieure eben doch ganz verschiedene Gegenstände im Auge haben, wenn sie über Normen sprechen. Kernpunkt dieses Gesprächs wurde die Frage nach der Verbindlichkeit der Normen. Dabei blieb die Frage, inwieweit eine Verbindlichkeit besteht, noch offen. Thieme wies darauf hin, daß diejenigen Normen, die Verbindlichkeit beanspruchten, sich gegenüber den durch die Norm gebundenen Personen und Firmen legitimieren müssen. Einige Ingenieure sahen diese Legitimation vor allem in der inhaltlichen Qualität, die sie durch die Offenheit des Verfahrens und die dadurch ermöglichte Mitwirkung aller Fachleute für gesichert hielten. Andere halten diese Sicherung wegen zunehmender Internationalisierung für eingeschränkt, zumal nach den Zielen des Deutschen Instituts für Normung (DIN) die weltweite Normung Vorrang vor der Europäischen und diese vor der nationalen hat. Sie weisen in diesem Zusammenhang z.B. auf neue nicht fachspezifische Qualitäten der agierenden Personen, auf die Probleme der Mängel von Übersetzungen und auf die im allgemeinen zu knappen Termine hin.

Von Seiten der Juristen wurde demgegenüber eingewandt, daß es bei den Normen streitige Punkte gebe und daß das Recht ein Verfahren zur Verfügung stellen müsse, um diese Streitpunkte in einer legitimen Weise zu entscheiden. Dabei wurde vor allem auf die Verfassung mit der Forderung nach demokratischer Legitimierung der Rechtsetzung Bezug genommen. Insbesondere wurde diskutiert, inwieweit das Verfahren der Auswahl von Teilnehmern an der Schaffung der Normen („beteiligte Kreise") selbst einer Legitimation bedarf und wie diese Legitimation hergestellt werden kann.

Es wurde aber auch in Zweifel gezogen, ob das Demokratieprinzip bei der Setzung technischer Normen zum Tragen kommen müsse, da es um Urteile von sachverständigen Fachleuten gehe. Es wurde gefragt, ob hier eine „Aristokratie" der Fachleute die Entscheidungen treffe. Dabei wurde daran erinnert, daß es auch sonst in einer grundsätzlich demokratischen Gesellschaft Bereiche gebe, in denen das Demokratieprinzip nicht gelte, z.B. in der Wissenschaft, in der Rechtspflege und bei der Bundesbank.

Besonderen Raum nahm in der Aussprache die europäische Dimension ein. Angesichts der Verpflichtung der Bundesrepublik zur Mitwirkung an der Vereinheitlichung der europäischen Normen wurde das Verfahren der EU diskutiert. Dabei wurden auch Klagen laut, daß die EU keineswegs Normen garantieren könne, die den deutschen Normen gleichwertig sind. Auch das Verfahren in der EU sei bei weitem nicht so durchsichtig, wie das deutsche Verfahren. Damit ist auch die demokratische Legitimation des Verfahrens in wesentlich geringerem Maße garantiert.

Es wurde in der Aussprache – im Ergebnis nicht überraschend – erkennbar, daß der Jurist es für seine Entscheidung über die Rechtfertigung der Normen mehr auf formale Kriterien abstellt, während der Ingenieur diesen Kriterien weniger Bedeutung beimißt und statt dessen die Sicherung der inhaltlichen Qualität der Normen sucht.

Dipl.-Ing. GOTTFRIED KREMER, Präsident des DIN

Die allgemeinen anerkannten Regeln der Technik aus der Sicht des Ingenieurs

1. Einleitung

Meine Damen und Herren,

auch die Technik kommt – bei all ihrer Vielfalt und bei all ihrer Dynamik – nicht ohne anerkannte Regeln aus. **Normen** sind solche Regeln. Sie wurden bisher fast ausschließlich aus gewonnener Erfahrung entwickelt; in zunehmendem Maße müssen sie heute Steuerungsfunktionen bei weltweiten zeit- und kostenaufwendigen Entwicklungen erfüllen. Entwicklungsbegleitende Normung nennen wir dies.

Die anerkannten Regeln der Technik, also auch die Normen, entstehen im Bereich der Technik selbst. Wie sollte es auch anders sein. Ursprünglich war das vorherrschende Motiv die Rationalisierung. In einer späteren Phase trat der Gesichtspunkt der Sicherheit stärker hervor, jetzt auch ergänzt durch Aspekte des Umweltschutzes. Heute tritt immer mehr der Charakter des Verständigungsmittels in den Vordergrund, angesichts zusammenwachsender Märkte, die nach dem Fall der Zollschranken auch keine nichttarifären, sprich technischen Handelshemmnisse zu dulden bereit sind. Die Entwicklung zu größeren Märkten – für viele Produkte gibt es heute schon nur noch einen **Weltmarkt** – hat in weiten Bereichen die Anonymität des Angebots zur Folge und verleiht damit der Haftungsproblematik größere Bedeutung. Und so ist schließlich die Frage des ordnungsgemäßen Handelns angeschnitten, einmal abgesehen davon, daß sie im Hinblick auf Sicherheit und Umweltschutz immer relevant ist.

Normen als **anerkannte Regeln der Technik** müssen solchen Anforderungen gerecht werden und dürfen dennoch der Weiterentwicklung der Technik nicht im Wege stehen. Sie müssen der Statik des rechtlichen Denkens zugänglich sein ebenso wie der Dynamik der technischen Entwicklung entsprechen.

Diese Vorstellung haben heute die Ingenieure von der Normung. Daran ändert auch nichts die Tatsache, daß selbst im technischen Bereich noch häufig genug von **DIN-Vorschriften** gesprochen wird. Das mag an der Unkenntnis liegen, aber auch an dem hohen Akzeptanzgrad, den Normen im Bereich der Technik haben. Viele glauben eben, daß kein Weg an der Norm vorbeiführt.

Ein Blick in die DIN 820, in das „Grundgesetz der Normung", räumt schnell jeden Zweifel aus, denn dort heißt es, daß **Normen jedermann zur Anwendung freistehen.**

Dies ist ein ganz wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit der gelegentlich, aber durchaus mit gewisser Regelmäßigkeit aufgeworfenen Frage nach der demokratischen Legitimation der Normung. Erst kürzlich ist unter dem Titel „Private Regierungen in der Techniksteuerung" eine sozialwissenschaftliche Analyse der technischen Normung publiziert worden (H. Voelzkow). Sie kommt zu dem Schluß, daß das staatliche Zugeständnis, die technische Normung trotz ihrer zahlreichen Berührungspunkte mit öffentlichen

Interessen privatrechtlich verfaßten Organisationen zu überlassen, aufgrund der Anforderungen an die Organisation, die Verfahren und die Ergebnisse als eine Demokratisierung der Normung interpretiert werden kann. Die Normung erlaubt die öffentliche Nutzung der gesellschaftlichen Selbstregulierung, ohne daß der Staat die Kontrolle über die öffentliche Aufgabenwahrnehmung dabei verliert.

Im übrigen gilt natürlich und vor allem, daß es für Regelsetzer keine bessere demokratische Legitimation geben kann als die **Brauchbarkeit** und **freie Akzeptanz** der erstellten Regeln. Ein Finanzminister tut sich da mit seinem Steuerrecht immer schwerer. Normen sind ein **Angebot** der Fachleute an die Gesellschaft. Deshalb ist es auch kein Systembruch, wenn einzelne Normen Vorschriftencharakter erhalten. Dies ist nur möglich im Rahmen eines **Rechtsaktes**, also nur durch staatliches Handeln. Von dieser Möglichkeit macht der Staat in sehr differenzierter Weise Gebrauch, häufig in den Bereichen Sicherheit, Gesundheitsschutz und Umweltschutz, in dem er durch Gesetz die Schutzziele festlegt und auf technische Regeln verweist, deren Anwendung die Erreichung der Ziele erwarten läßt.

Somit besteht bei der Anwendung von allgemein anerkannten Regeln der Technik, also auch von Normen, die Vermutung ordnungsgemäßen Verhaltens. Gerade diese Vermutung, die naturgemäß widerlegbar ist, hat in der Vergangenheit dazu geführt und führt auch noch heute zu Verständnisschwierigkeiten bei den Ingenieuren. Denn auf die Frage: habe ich mit der Anwendung einer Norm ordnungsgemäß gehandelt? hätte der Ingenieur als Antwort am liebsten ein einfaches **Ja**. Diese Gewißheit kann aber eine anerkannte Regel der Technik nur bedingt bieten, die – soll sie den Stand der Technik widerspiegeln – sich dem Entwicklungsprozeß anpassen muß und dies nur periodisch kann. Ich glaube allerdings sagen zu können, daß in all den Kreisen der Technik, die mit der Statusfrage der anerkannten Regeln der Technik in Berührung kommen, der Rechtsstatus heute nicht mehr umstritten ist.

Mit der Bildung und Entwicklung des gemeinsamen Marktes in Europa hat die Normungsarbeit eine noch größere Bedeutung erlangt. Sie ist seit dem sog. **new approach** ein ganz wesentliches Werkzeug für die Gestaltung eines offenen und von technischen Handelshemmnissen freien Marktes geworden. Wir können heute feststellen, daß sich einerseits im nationalen Bereich gewohnte und bewährte Strukturen auch für die Arbeit im erweiterten europäischen Rahmen eignen. Dies gilt z. B. für die Festlegung von Schutzzielen in den Richtlinien und die Festlegung von Beschaffenheitsanforderungen in harmonisierten Normen. Andererseits werden die an der Regelerarbeitung direkt Beteiligten auch mit gravierenden Änderungen konfrontiert. Die nationale Norm entstand früher unmittelbar aus der Zusammenarbeit erfahrener Sachgebietsexperten. Die europäische Normung dagegen besteht in erster Linie aus dem Abgleich nationaler Vorstellungen und Interessen, ist also einen Schritt weiter weg von dem Fachwissen und der Praxis. Damit ist auch ein anderer Typ des Mitarbeiters gefragt; Sprachkenntnisse, Kenntnisse der Rechtssysteme und Verhandlungsgeschick geben bei aller erforderlichen Sachkenntnis oft den Ausschlag beim Erreichen der verfolgten Ziele. Regelsetzung wird also mehr und mehr Managementaufgabe. Dies wiederum sollte die Juristen und Ingenieure leichter zusammenführen.

Die heute praktizierte Arbeitsweise bei der europäischen Regelsetzung hat zur Voraussetzung gehabt, daß für jedes Land nur eine Normenorganisation auftreten und zuständig sein kann. Für die Bundesrepublik Deutschland ist es das DIN, das Deutsche Institut für Normung e.V.

Das Verhältnis zwischen dieser privaten Organisation und dem Staat wurde bereits 1975 im Grundlagenvertrag in einer Weise geregelt, die die Berücksichtigung der öffentlichen Interessen sicherstellt.

Der Staat honoriert dies durch entsprechende finanzielle Beiträge zur Durchführung der erforderlichen Arbeit.

Bestimmend für die Finanzierung der gesamten Normungsarbeit sind jedoch nach wie vor die interessierten Kreise, die direkt über die Mitglieds- und Förderbeiträge und indirekt über den Kauf der erstellten Normen mehr als 80 % der benötigten Mittel aufbringen.

Und damit ist wiederum eine wichtige Facette aus der Sicht des Ingenieurs im Blick auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik angeschnitten:

diese Regeln müssen ein **verkaufsfähiges Produkt** sein. Sie sind – hier verweise ich nochmals auf die DIN 820 – jedermann zur Anwendung freigestellt. Man kann z.B. Sicherheitsanforderungen auch auf andere, auf vergleichbar gute Weise erfüllen, mit anderen technischen Lösungen.

2. Definitionen

Mit den „allgemein anerkannten Regeln der Technik" hat sich schon das Reichsgericht befaßt. In einer Entscheidung aus dem Jahre 1910 hat das Reichsgericht diesen unbestimmten Rechtsbegriff dahingehend definiert, daß es sich hierbei um technische Regeln handelt, die in Theorie und Praxis allgemein als richtig anerkannt sind und deswegen auch allgemein angewendet werden. Diese Definition hat sich bis zum heutigen Tage gehalten. Häufig wird auch nur von anerkannten Regeln der Technik gesprochen, d.h. das Wort „allgemein" wird weggelassen. Aus rechtlicher Sicht macht dies keinen Unterschied, gemeint ist jeweils das gleiche.

Neben dem Begriff **„anerkannte Regeln der Technik"** sind noch zwei ähnliche, unbestimmte Rechtsbegriffe gebräuchlich, nämlich **„der Stand der Technik"** und **„der Stand von Wissenschaft und Technik"**. Mit diesen drei unbestimmten Rechtsbegriffen hat sich das Bundesverfassungsgericht in seiner Entscheidung vom 8.8.1978 zum „Schnellen Brüter" (NJW 1979, Seite 359ff) beschäftigt. Die Ausführungen des Bundesverfassungsgerichtes zu diesen drei Begriffen haben zu einer sogenannten **Drei-Stufen-Theorie** geführt, die lange Zeit in unserem Lande heftig diskutiert wurde.

Sie ist zweifellos von Bedeutung hinsichtlich der Anforderungen, die in einem **Gesetz** formuliert werden. In anderen Ländern hat diese Theorie keine Bedeutung erlangt, und deshalb ist sie heute bei der Erarbeitung einheitlicher technischer Regeln auf europäischer und internationaler Ebene auch nicht von Belang.

Hilfreich sind jedoch die vom Gemeinschaftsausschuß der Technik (VDI-Nachrichten Nr. 47, 1982, Seite 24) gegebenen Begriffsdefinitionen für „**Stand der Technik**" und „**anerkannte Regeln der Technik**", weil sie aufeinander abgestimmt sind.

Danach ist

- „**Stand der Technik**", der zu einem bestimmten Zeitpunkt erreichte Stand technischer Einrichtungen, Erzeugnisse, Methoden und Verfahren, die sich nach Meinung der Mehrheit der Fachleute in der Praxis bewährt haben oder deren Eignung für die Praxis von der Mehrheit der Fachleute als nachgewiesen angesehen wird.
- eine „**anerkannte Regel der Technik**" eine technische Regel, die von der Mehrheit der Fachleute als eine zutreffende Beschreibung des Standes der Technik zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung angesehen wird.

3. Empfehlungscharakter der technischen Regeln

Die technischen Regeln, um die es im Sinne der Definition sowohl des Reichsgerichts als auch des Gemeinschaftsausschusses der Technik geht und auf die sich meine Ausführungen beziehen, werden in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt.

Die Organisatoren dieser Gemeinschaftsarbeit sind technisch-wissenschaftliche Vereine, also private Institutionen, die nicht legitimiert sind, die an ihrem Tisch erstellten technischen Regeln mit rechtlicher Verbindlichkeit auszustatten. Es handelt sich also nicht um Vorschriften im Sinne von Rechtsvorschriften, die zu beachten sind.

Vielmehr haben alle diese technischen Regeln von sich aus nur **Empfehlungscharakter.** Erst wenn sie, z. B. durch entsprechende Bezugnahme in **Rechtsvorschriften** – die bekanntesten Beispiele hierfür sind § 35h StVZO, wonach in Kraftfahrzeugen Erste-Hilfe-Material nach DIN 13164, Ausgabe Dezember 1987, mitzuführen ist und § 2 Benzinqualitätsangabe VO, wonach nur Benzin gemäß DIN 51600, Ausgabe Januar 1988 bzw. gemäß DIN EN 228, Ausgabe Mai 1993, angeboten werden darf – oder wenn in **Verträgen** Beschaffenheitsanforderungen nach bestimmten DIN-Normen festgelegt werden, erhalten sie Verbindlichkeit und müssen befolgt werden. Ansonsten steht ihre Anwendung jedermann frei; so ist es ausdrücklich für DIN-Normen in DIN 820-1, Abschnitt 6.1, festgelegt.

4. Rechtliche Bedeutung der technischen Regeln (Fehler, Verkehrssicherungspflicht, Fahrlässigkeit, Ausfüllung unbestimmter Rechtsbegriffe)

Gleichwohl kommt diesen technischen Regeln wegen der Art und Weise ihres Zustandekommens und selbstverständlich wegen ihres Inhalts rechtliche Bedeutung zu. Dafür sprechen vor allem drei Gründe.

Es handelt sich um eine **Gemeinschaftsarbeit;** also nicht ein Einzelner legt irgend etwas fest.

Für die Gemeinschaftsarbeit gilt das **Demokratieprinzip,** d. h. alle können zu Wort kommen.

Weiterhin gilt das **Konsensprinzip,** d. h. es wird nach einer Lösung gesucht, mit der alle leben können.

Das dritte Prinzip ist das **Repräsentanzprinzip.** Die beteiligten Fachleute repräsentieren zahlenmäßig begrenzt, aber in einem angemessenen Verhältnis zueinander (richtige Zusammensetzung des Ausschusses), die verschiedenen, an der Erstellung der technischen Regel jeweils interessierten Kreise bzw. die von ihr jeweils betroffenen Interessengruppen.

Wegen ihrer überragenden Bedeutung gelten für die DIN-Normen noch zwei in diesem Zusammenhang besonders hervorzuhebende Grundsätze, nämlich daß sie

- vor ihrer endgültigen Festlegung als Entwurf der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorzulegen sind (DIN 820–1, Abschnitt 5.3)
- und stets zu aktualisieren, d. h. dem fortschreitenden Stand der Technik anzupassen sind (DIN 820–4, Abschnitt 4).

Die hieraus resultierende rechtliche Bedeutung der DIN-Normen besteht beispielsweise darin, daß im Kauf- oder Werkvertragsrecht zur Klärung der Frage, ob eine gelieferte Sache oder ein hergestelltes Werk einen **Fehler** hat, auf einschlägige DIN-Normen zurückgegriffen werden kann.

In den DIN-Normen wird nämlich im Sinne der eingangs gegebenen Definitionen beschrieben, wie nach Meinung unbeteiligter Experten eine Sache oder ein Werk beschaffen sein soll (Beispiel: „Baugrube", die nicht entsprechend DIN 4123 und 4124 ausgehoben und gesichert war (BGH NJW 1991, Seite 2021).

Allerdings muß an dieser Stelle auch darauf hingewiesen werden, daß trotz Übereinstimmung einer Sache oder eines Werkes mit den einschlägigen technischen Regeln, also auch DIN-Normen, gelegentlich doch ein Fehler im Rechtssinn vorliegen kann (Beispiel: „Flachdach", das undicht ist (BGH NJW 1968, Seite 43) und „Blasbachtalbrücke", die Risse hat (OLG Frankfurt, NJW 1983, Seite 456), obwohl die DIN-Normen beachtet wurden. Häufig – so auch in diesen beiden Fällen – stellt sich dann heraus, daß die Ursache des Fehlers darin liegt, daß zusätzlich zu den in den DIN-Normen berücksichtigten weitere Anforderungen bestanden, die nicht erfüllt worden sind.

Wenn ein Produkt fehlerhaft ist und es deswegen zur Schädigung einer Person oder Sache kommt, trifft den Hersteller des Produkts eine gesetzliche Schadenersatzhaftung **(Produkthaftung),** d. h. er muß für den eingetretenen Schaden aufkommen. Die Produkthaftung ergibt sich aus dem BGB und neuerdings aus dem Produkthaftungsgesetz. Auch bei der Produkthaftung spielen für die Beurteilung der Fehlerhaftigkeit des Produkts die einschlägigen technischen Regeln mit ihrer Vermutungswirkung für ordnungsgemäßes Handeln eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Bei der Außerachtlassung der erforderlichen Sorgfalt, insbesondere der **Verkehrssicherungspflicht** (Beispiel: „Spielplatzrutsche", die auf einem öffentlichen Spielplatz auf Beton statt auf Sand steht (BGH NJW 1988, Seite 2667) und unter dem Gesichtspunkt der **Fahrlässigkeit** (Beispiel: Verkauf „zweipoliger Zwischenstecker" ohne Erdleiter (BGH BB 1959, Seite 473), spielen technische Regeln auch **strafrechtlich** eine Rolle.

Hierzu möchte ich aus einem Urteil des LG Augsburg (BB 1975, Seite 346) zitieren, das besonders deutlich und auch für einen Nichtjuristen verständlich die rechtliche Bedeutung technischer Regelwerke würdigt. In dem Urteil geht es um einen Gasunfall, der sich nach der Umstellung der Gasversorgung von Stadtgas auf Erdgas infolge einer Austrocknung der Stemmuffen ereignete. Das DVGW-Arbeitsblatt G 580, Januar 1967, gab Empfehlungen und Hinweise, wie die Austrocknung der Stemmuffen hätte vermieden werden können. Es war nicht beachtet worden.

Das LG Augsburg führt aus:

> „Wenn auch diese im Regelwerk des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern e.V. zusammengefaßten technischen Normen keine Rechtsnormen sind und sie deshalb auch keine rechtlichen Sorgfaltsgebote enthalten, dienen sie dennoch auch – und darin liegt in besonderer Weise ihr juristischer Gehalt – dem Bedürfnis nach Sicherheit vor Gefahren, denen der Mensch gerade durch die Technik in erhöhtem Maße ausgesetzt ist. Wegen der hohen Qualität der gebräuchlichen Regelwerke spricht eine widerlegliche Vermutung dafür, daß die in den Regelwerken enthaltenen Normen zugleich den rechtlichen Sorgfaltsanforderungen gerecht werden".

Aus dieser Beurteilung ergibt sich dann auch die Eignung einer technischen Regel zur Ausfüllung des unbestimmten Rechtsbegriffes „anerkannte Regel der Technik".

Der BGH sagt in einem Urteil („Sahnesiphon", BB 1991, Seite 1817):

> „Eine der Sicherheit eines technischen Arbeitsmittels dienende DIN-Norm wird mit dem Zeitpunkt ihres Inkrafttretens zu einer allgemein anerkannten Regel der Technik im Sinne des 3 Absatz 1, Satz 1 Gerätesicherheitsgesetz, wenn sie unter Beteiligung der betroffenen Fachkreise zur Vermeidung eines erkannten Unfallrisikos erarbeitet worden ist und die Befolgung der Norm zum Zeitpunkt ihres Inkrafttretens aufgrund ihrer längerfristigen Vorveröffentlichung und des vorgegebenen Standes der Technik dem Hersteller keine Schwierigkeiten bereitet."

Das OLG Celle (Urteil vom 8.6.1983) hat in einem Fall, bei dem es um die Schadenersatzpflicht der verkehrssicherungspflichtigen Gemeinde gegenüber einem Jungen ging, der von einem nicht sachgerecht aufgestellten und deswegen umstürzenden Kleinfeldtor verletzt wurde, ausgeführt:

„Es handelt sich bei DIN 7897 zwar nicht um eine verbindliche Norm mit Schutzgesetzcharakter, sondern um eine Empfehlung des Normenausschusses, deren freiwillige Anwendung erwartet wird. Diese Erwartung ist – insbesondere bei einer Gebietskörperschaft – deshalb gerechtfertigt, weil die DIN-Norm die Vermutung für sich hat, den allgemein anerkannten Stand der Technik einschließlich des anerkannten Sicherheitsstandards auszuweisen."

5. Normenvertrag

Der Normenvertrag, den die Bundesregierung und das DIN im Jahr 1975 miteinander abgeschlossen haben, ist vor dem Hintergrund der geschilderten rechtlichen Bedeutung der DIN-Normen als anerkannte Regeln der Technik die logische Konsequenz gewesen. Das DIN ist nach diesem Vertrag die zuständige Normenorganisation für die Bundesrepublik Deutschland und wird von der Bundesregierung als die Nationale Normenorganisation in nichtstaatlichen, internationalen Normenorganisationen anerkannt (§ 1 Absatz 1 Normenvertrag).

Das DIN ist verpflichtet, bei seinen Normungsarbeiten das öffentliche Interesse zu berücksichtigen (§ 1 Absatz 2 Normenvertrag) und Normungsarbeiten, für die von der Bundesregierung ein öffentliches Interesse geltend gemacht wird – unter Umständen sogar innerhalb bestimmter Fristen – bevorzugt zu bearbeiten (§ 4 Absatz 1 Normenvertrag). Das DIN hat sich verpflichtet, die jeweils in Betracht kommenden behördlichen Stellen bei der Durchführung der Normungsarbeit zu beteiligen (§ 2 Absatz 2 Normenvertrag).

Das DIN bemüht sich, auf dem Gebiet der Normung zur internationalen Verständigung beizutragen, indem es im Wege der Normung, also durch technische Vereinheitlichung auf internationaler und europäischer Ebene, die **Liberalisierung** des Handels und den Abbau technischer Handelshemmnisse fördert (§ 6 Normenvertrag).

Der Normenvertrag bestätigt den Grundsatz der Selbstverwaltung aller Wirtschaftsbeteiligten einschließlich des Staates bei der Erarbeitung technischer Regeln. Er rechtfertigt das Prinzip der Verweisung auf DIN-Normen in Gesetzgebung und Verwaltung. Der Vertrag begünstigt die Schaffung eines einheitlichen, d.h. in sich geschlossenen und widerspruchsfreien deutschen Normenwerkes auf europäischem und internationalem Niveau.

Angesichts dieser Vertragsregelungen in Verbindung mit dem in DIN 820 und den Beschlüssen des Präsidiums des DIN festgelegten Grundsätzen der Normungsarbeit verwundert es, wenn neuerdings gerade deutscherseits die demokratische Legitimation der Normungsarbeit in Europa in Frage gestellt wird (Prof. Marburger, Prof. Bleckmann, Prof. Führ).

Jedenfalls deutscherseits sind Mechanismen vorhanden, die für alle interessierten Kreise eine gleichberechtigte Beteiligung an der Normungsarbeit auch auf europäischer Ebene ermöglichen. Man muß die gegebenen Möglichkeiten allerdings konsequent nutzen.

Jeder zusätzliche organisatorische Aufwand bei der Durchführung der Normungsarbeit, z.B. eine *Begründungspflicht* von CEN und CENELEC für umwelt-, gesundheits- und verbraucherschutzrelevante Festlegungen in europäischen Normen oder die Einrichtung eines sogenannten europäischen **Normungsrates** bei der Kommission, würde die ohnehin immer schwieriger werdende zeitgerechte Verfügbarkeit der Normen erheblich verzögern. Auch für die Normung gilt: die Balance zwischen demokratischer Legitimation und Effizienz muß erhalten bleiben.

Wenn der Entstehungsvorgang einer Norm dadurch stärker demokratisiert werden soll, daß neben den Fachleuten noch zahlreiche andere Instanzen beteiligt werden sollen, dann müßte sicherlich Demokratisierung mit Qualitäts- und Zeitverlust gleichgesetzt werden.

Dies wäre kein Vorteil für die Standorte Deutschland und Europa.

6. Neue Konzeption und Einheitliche Europäische Akte

Die Entschließung des Rates der EU vom 7.5.1985 über eine **Neue Konzeption auf dem Gebiet der Technischen Harmonisierung und der Normung** hat die wirtschaftliche und rechtliche Bedeutung der europäischen Normen erheblich verstärkt. Der Rat der EU hat sich mit seiner Entschließung für das Prinzip der Verweisung auf Normen entschieden.

Demzufolge beschränkt sich die Harmonisierung der Rechtsvorschriften durch EU-Richtlinien nach Artikel 100 des EWG-Vertrages darauf, daß in den Richtlinien nur die grundlegenden Sicherheitsanforderungen oder sonstige Anforderungen im Interesse des Gemeinwohls festgelegt werden.

Es ist Aufgabe der für die Normung zuständigen Gremien, unter Berücksichtigung des Standes der Technik Normen auszuarbeiten, die den in den Richtlinien festgelegten grundlegenden Anforderungen entsprechen.

Die Normen erhalten dadurch noch keinen zwingenden Charakter. Ihre Anwendung bleibt freiwillig. Es werden jedoch die **Verwaltungen verpflichtet**, davon auszugehen, daß Erzeugnisse, die den harmonisierten Normen entsprechen, die in der Richtlinie festgelegten grundlegenden Anforderungen erfüllen.

Hieraus ergibt sich, daß Hersteller, die nicht nach den harmonisierten Normen produzieren, die Übereinstimmung ihrer Erzeugnisse mit den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie auf andere Art **nachweisen** müssen.

Die zur Konkretisierung der grundlegenden Anforderungen in den EU-Richtlinien geschaffenen Normen werden von der Kommission im Amtsblatt der Europäischen Union mitgeteilt.

Dieses System entspricht dem für die **Durchführung des Gesetzes über technische Arbeitsmittel gewählten System**, wonach der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung die technischen Regeln bezeichnet, in denen nach seiner Auffassung die anerkannten Regeln der Technik, denen die technischen Arbeitsmittel zu genügen haben, ihren Niederschlag gefunden haben.

Gleichermaßen sind die von der Kommission der EU zur Konkretisierung der grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinien mitgeteilten europäischen Normen als mit den anerkannten Regeln der Technik **identisch** anzusehen. Für alle anderen, mit den EU-Richtlinien nicht in Zusammenhang stehenden europäischen Normen ist aufgrund ihres Zustandekommens widerlegbar zu vermuten, daß sie anerkannte Regeln der Technik sind (bloße Identitätsvermutung). Der Anwender einer als DIN-Norm übernommenen europäischen Norm darf also entsprechend DIN 820-1, Abschnitt 6.1, grundsätzlich davon ausgehen, daß er – auch aus rechtlicher Sicht – technisch einwandfrei handelt.

Die von den Mitgliedstaaten der EU am 28.2.1986 in Ergänzung des EWG-Vertrages beschlossene **Einheitliche Europäische Akte** ist für die europäische Normungsarbeit eine große Herausforderung gewesen. Um die termingerechte Verwirklichung des europäischen Binnenmarktes zum 31.12.1992 zu erreichen, wurde durch Einfügung des Artikels 100 a in den EWG-Vertrag ermöglicht, daß EU-Richtlinien, die vorher nur einstimmig erlassen werden konnten, nun auch mit qualifizierter Mehrheit erlassen werden können. Damit war der Weg für den Erlaß einer Reihe von in Arbeit befindlichen EU-Richtlinien geebnet, für die aber die entsprechenden europäischen Normen zur Konkretisierung der grundlegenden Anforderungen fehlten. Inzwischen ist dieser Bedarf an europäischen Normen **weitestgehend gedeckt** und man kann durchaus feststellen, daß auf technischem Gebiet die Harmonisierung zur Schaffung eines europäischen Binnenmarktes schon recht weit fortgeschritten ist.

Weil die Harmonisierung der technischen Normen vergleichsweise schnell und reibungslos vonstatten geht, besteht offenbar auch ein gewisses Mißtrauen gegenüber der europäischen Normungsarbeit. Es wird hier und da der Vorwurf erhoben, die Durchführung der Normungsarbeit auf europäischer Ebene verletze demokratische Grundsätze und es sei nicht legitim, privaten Institutionen wie CEN und CENELEC die Ausfüllung der in den EU-Richtlinien enthaltenen grundlegenden Anforderungen durch europäische Normen ohne hoheitliche Kontrolle zu überlassen. Diesen Aspekt habe ich eingangs schon kurz erwähnt.

Die Befugnis zur Rechtssetzung auf Gemeinschaftsebene werde sonst faktisch einem Privaten überlassen. Beide Vorwürfe treffen nicht zu. Nicht das CEN bzw. CENELEC stattet die europäische Norm mit Rechtsverbindlichkeit aus, sondern der Gemeinschaftsgesetzgeber selbst, indem er in der Richtlinie auf die europäische Norm verweist. Hieran ändert sich nichts in den Fällen, in denen verweisungsfähige europäische Normen noch nicht vorhanden sind und deshalb in der EU-Richtlinie nicht auf bestimmte europäische Normen verwiesen werden kann. In diesen Fällen wird statt dessen nur allgemein auf „die harmonisierten Normen, deren Fundstellen im Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften veröffentlicht werden“ verwiesen. Erst später erfolgt die Mitteilung dieser Normen durch die Kommission der EU im Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften.

Damit wird die Konkretisierung der grundlegenden Anforderungen entsprechend der Neuen Konzeption auch in diesem Fall von der Kommission selbst, nämlich durch Verweisung auf europäische Normen, vorgenommen. Auch die einer bereits erlassenen EU-Richtlinie nachfolgende Verweisung auf europäische Normen findet nur statt, wenn zuvor die etwa bestehenden Bedenken der Kommission im ständigen Ausschuß erörtert wurden und die Kommission und der ständige Ausschuß zu dem Ergebnis gelangt sind, daß die aufgrund des Mandats der Kommission von CEN erarbeiteten europäischen Normen die in der EU-Richtlinie festgelegten Anforderungen zufriedenstellend konkretisierten (siehe Anhang II B X der Entschließung des Rates über die Neue Konzeption).

Die Entscheidung, ob sich die von CEN oder CENELEC ausgearbeitete europäische Norm zur Verweisung eignet, wird also von der Kommission und dem ständigen Ausschuß getroffen. Ihre Entscheidung ist der Kontrolle des europäischen Gerichtshofs unterworfen. Eine Rechtssetzungsdelegation auf CEN bzw. CENELEC findet nicht statt.

Diese Auffassung wird bestätigt durch die Entschließung des europäischen Parlaments vom 8.4.1987. Dort wird unter Ziffer 3 ausdrücklich festgestellt, daß die von den europäischen Normungsinstituten ausgearbeiteten technischen Normen „gesetzliche Allgemeinverbindlichkeit erst dann erhalten, wenn der Gemeinschaftsgesetzgeber in einer Richtlinie darauf verweist“.

Der andere Vorwurf, daß nämlich die Ausarbeitung europäischer Normen nicht demokratisch sei, weil die interessierten Kreise sich an der Erarbeitung dieser Normen unmittelbar nicht beteiligen könnten, ist bei näherem Hinsehen ebenfalls nicht haltbar. Im Falle der Harmonisierung bereits bestehender nationaler Normen auf europäischer Ebene haben die interessierten Kreise die zu harmonisierenden nationalen Normen selbst erarbeitet. Die Harmonisierung bereits bestehender nationaler Normen geschieht stets in engem Kontakt mit dem auf nationaler Ebene für die Norm zuständigen Arbeitsgremium, also unter Beteiligung der interessierten Kreise.

Daß die Vorschläge und Stellungnahmen des auf nationaler Ebene bestehenden Ausschusses nicht von allen Ausschußmitgliedern, sondern nur von einer nationalen Delegation bei dem für die europäische Norm zuständigen Ausschuß vertreten werden, hat rein praktische Gründe.

Wenn die 18 CEN-Mitglieder alle Ausschußmitglieder anreisen lassen würden, wäre eine sinnvolle Arbeit nicht mehr möglich.

Bei dieser Sachlage kommt als demokratische Lösung des Problems nach dem Repräsentanzprinzip nur die Entsendung einer an die Weisungen des Ausschusses jeweils gebundenen Delegation in Frage.

Letztenendes ist die Tatsache, daß die von der Neuen Konzeption ausdrücklich als freiwillig bezeichneten europäischen Normen von den interessierten Kreisen auf breiter Ebene akzeptiert werden, der beste Beweis dafür, daß diese Kreise sie jedenfalls als demokratisch empfinden.

7. Schlußbemerkungen

Ingenieure brauchen anerkannte Regeln der Technik. Diese Regeln ziehen ihre Anerkennung in der Technik selbst aus der Beschreibung des Standes der Technik. Außerhalb der Technik sollten sie anerkannt sein, damit die Ingenieure bei ihrer Anwendung von ordnungsmäßigem Verhalten ausgehen können.

Diese Anerkennung setzt die Legitimierung ihres Entstehungsprozesses voraus. Gelegentlichen Zweifeln an einer ausreichenden Legitimierung steht heute aber eine breite Akzeptanz von Regeln gegenüber, die mittels demokratischer Prozeduren von privatwirtschaftlich arbeitenden Fachleuten unter hoheitlichen Eingriffsmöglichkeiten erstellt werden.

Das einheitlicher werdende Europa bietet die Chance der Harmonisierung nationaler Regeln der Technik und fördert damit den freien Handel. Wir werden sehr darauf zu achten haben, daß die in diesem Europa entwickelten und zu entwickelnden Prozeduren zumindest eine ausreichende Legitimationsqualität, besser noch eine überzeugende, haben werden. Dies wird mit zentralistischer Bürokratie nicht erreichbar sein, auch mit basisdemokratischer nicht. Für die Qualität der Regeln wird weiterhin die engagierte Mitarbeit der gesamten Fachwelt und ein klarer Blick für die gesellschaftlichen Bedürfnisse entscheidend sein. Deshalb muß das Rollenspiel unverfälscht bleiben:

- der Gesetzgeber möge möglichst genau seine Ziele und Anforderungen beschreiben
- die Fachwelt kann dann die Regeln ausarbeiten, mit deren Hilfe die Ziele erreicht werden können.

Dann wird der new approach des Jahres 1985 noch lange modern bleiben.

Dr. THOMAS KNOKE, Richter am Oberlandesgericht

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik aus der Sicht des Richters

I. Einleitung

Wenn ein Jurist einen Begriff wie „allgemein anerkannte Regeln der Technik“ serviert bekommt, läuft ihm gewissermaßen das Wasser im Munde zusammen in der Vorfreude darauf, diesen Begriff zu definieren. So schwer es mir fällt, möchte ich dennoch, jedenfalls vorläufig, auf eine solche Definition verzichten, zumal solche Definitionen heute im Verlauf dieser Veranstaltung schon zur Sprache gekommen sind.

Den Schwerpunkt will ich auf den zweiten Teil des Themas setzen, auf die – praktische – Sicht des Richters. Dazu legitimiert mich meine Tätigkeit als Richter am Oberlandesgericht Celle, wo ich als Mitglied eines Zivilsenats zum erheblichen Teil mit Bausachen zu tun habe. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik begegnen dem Richter natürlich auch in anderen Bereichen, insbesondere im Haftungsrecht und im Verwaltungsrecht. Bitte erlauben Sie mir aber, mich meiner praktischen Erfahrung entsprechend im wesentlichen auf das Bauvertragsrecht zu beschränken. Ich hoffe, daß trotz dieser Einschränkung die typisch richterliche Sichtweise deutlich wird.

II. Fall

Die Tätigkeit des Richters besteht darin, einen Rechtsstreit zu entscheiden. Ausgangspunkt aller seiner Überlegungen ist also der zur Entscheidung gestellte Fall. Nehmen wir an, daß folgender einfacher Fall zu entscheiden ist:

Der Kläger hat mit dem Beklagten einen Bauvertrag über ein schlüsselfertiges Flachdachhaus (einschließlich Planung) abgeschlossen. Nach Abnahme und Einzug stellt er fest, daß das Dach undicht ist. Er fordert den Beklagten auf, die Undichtigkeiten zu beseitigen. Dieser lehnt das ab mit der Begründung, daß der Kläger nach dem Einzug am Haus stehende Bäume durch einen Gärtner habe beschneiden lassen. Dieser habe dabei vom Flachdach aus gearbeitet und das Dach dabei beschädigt. Daraufhin verklagt der Kläger den Beklagten auf Nachbesserung.

III. Richterliche Arbeitsweise

Habe ich als Richter einen zivilrechtlichen Fall zu entscheiden, frage ich als erstes, welche gesetzliche Anspruchsgrundlage in Betracht kommt. Ich prüfe dann, ob die Tatbestandsvoraussetzungen der jeweiligen Anspruchsgrundlage nach dem vorliegenden

Sachvergalt gegeben sind. Ist, wie hier und wie in den meisten Fällen, der Sachverhalt streitig, muß regelmäßig dazu Beweis erhoben werden. Die Arbeit des Richters läßt sich also in zwei unterschiedliche Bereiche aufteilen: die rechtliche Beurteilung einerseits (die Subsumtion des Tatsachenstoffs unter eine Norm) und die Feststellung der Tatsachengrundlage andererseits. Für beide Bereiche sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik von Bedeutung.

IV. Rechtliche Beurteilung

Lassen sie mich zunächst über die rechtliche Beurteilung sprechen und dazu auf den geschilderten Fall zurückkommen.

1) Anspruchsgrundlage

Als Anspruchsgrundlage für den geltend gemachten Nachbesserungsanspruch kommt § 633 Abs. 2 S. 1 BGB in Betracht. Diese Bestimmung lautet: „Ist das Werk nicht von dieser Beschaffenheit, so kann der Besteller die Beseitigung des Mangels verlangen". „Diese Beschaffenheit" verweist auf den vorangegangenen § 633 Abs. 1 BGB, der lautet: „Der Unternehmer ist verpflichtet, das Werk so herzustellen, daß es die zugesicherten Eigenschaften hat und nicht mit Fehlern behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder dem nach dem Vertrage vorausgesetzten Gebrauch aufheben oder mindern." Hier wird also unterschieden zwischen zugesicherten Eigenschaften und Fehlern.

a) Fehler

Ein Baumangel im Sinne eines Fehlers ist nach einheitlicher Auffassung der Juristen dann gegeben, wenn die Istbeschaffenheit der Unternehmerleistung hinter der Sollbeschaffenheit zurückbleibt und dadurch der Wert oder die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigt wird. Dabei differenziert § 633 Abs. 1 BGB wiederum danach, ob es um den „gewöhnlichen" oder um den „nach dem Vertrag vorausgesetzten" Gebrauch geht. Ich muß in erster Linie danach fragen, was zwischen den Parteien vertraglich vereinbart war. Nur wenn sich solche Vereinbarungen nicht feststellen lassen, kommt es darauf an, was normalerweise üblich ist.

aa) Objektiver Fehler

In unserem Fall fehlt es an Vereinbarungen der Parteien dazu, wie das Flachdach i.e. aufgebaut und beschaffen sein soll. Das ist für einen Bauvertrag nicht selten. Gerade wenn es um die Errichtung eines schlüsselfertigen Hauses geht, ist es praktisch unmöglich, jedes Detail der baulichen Ausführung i.e. vertraglich zu vereinbaren. Solcher ins einzelne gehender vertraglicher Vereinbarungen bedarf es auch nicht, weil sich in den meisten Fällen ohne große Schwierigkeiten feststellen läßt, von welcher Beschaffenheit ein Werk sein muß, um für den gewöhnlichen Gebrauch tauglich zu sein.

Hier kommen – endlich – die allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik ins Spiel. Wenn es darauf ankommt, ob das Werk den üblichen normalen Ansprüchen eines Durchschnittsbauherrn genügt, liegt die Annahme nahe, daß das der Fall ist, wenn es denjenigen technischen Regeln gerecht wird, die in Theorie und Praxis allgemein als richtig anerkannt sind und deswegen auch allgemein angewendet werden. Technische Regeln, die solchen Anforderungen genügen, sind nach der Rechtsprechung allgemein anerkannte Regeln der Technik.

Für den Bauvertrag, der keine besonderen vertraglichen Vereinbarungen zur technischen Beschaffenheit des Werks enthält, stellen sich danach zwei Fragen: 1) Ist ein Werk immer mangelhaft, wenn es nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht? 2) Ist ein Werk immer mangelfrei, wenn es den anerkannten Regeln der Technik entspricht? Ich stelle mir vor, daß der Techniker geneigt sein könnte, beide Fragen ohne weiteres zu bejahen. Für den Juristen kommen indessen bei näherem Nachdenken Zweifel auf.

(1) zu 1)

Beschäftigen wir uns mit Frage 1), müssen wir vor allem bedenken, ob das Werk wirklich mangelhaft sein soll, wenn eine Technik angewendet worden ist, die zwar neueste technische Erkenntnisse berücksichtigt, also besonders fortschrittlich ist, aber gerade deshalb noch nicht in der Praxis allgemein angewendet und damit notwendigerweise noch nicht überall als richtig angesehen werden kann, wenn die Technik also zwar einerseits möglicherweise besonders gute Ergebnisse bringt, andererseits aber eben gerade nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht.

(a) Risikoverteilung

Entscheidend muß sein, ob es dem Durchschnittsbauherrn normalerweise wichtiger ist, ein optimales Ergebnis zu erzielen, oder ob er größeres Gewicht auf allgemeine Bewährung in der Praxis legt. Dahinter steht die Frage, wer das mit der Einführung neuer Techniken verbundene Risiko tragen soll.

Aus technischer Sicht wäre es vielleicht am vernünftigsten, darauf abzustellen, welche Risiken im jeweiligen Einzelfall zu befürchten sind und dann den Nutzen des technischen Fortschritts und die damit verbundenen Risiken jeweils gegeneinander abzuwägen. Für den Juristen hat eine solche Vorgehensweise den entscheidenden Nachteil, daß sich im vorhinein kaum übersehen läßt, wie diese Abwägung jeweils ausgehen wird. Gerade wenn es um die Ausfüllung unbestimmter Rechtsbegriffe („gewöhnlicher Gebrauch", „übliche Beschaffenheit") geht, sehen wir unsere Aufgabe darin, möglichst allgemein gültige Regeln aufzustellen, die im Interesse der Rechtssicherheit das Ergebnis berechenbar machen. Andererseits ist der Vorrang der Rechtssicherheit natürlich kein Dogma; die Rechtssicherheit steht immer im Spannungsverhältnis zu dem Bestreben, eine dem jeweiligen Einzelfall möglichst gerecht werdende Entscheidung zu treffen.

Von dem Spannungsverhältnis Rechtssicherheit – Einzelfallgerechtigkeit abgesehen stellt sich das ganz andere Problem, ob eine Entscheidungspraxis, die einen Baumangel bejaht, wenn nicht nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik gearbeitet worden ist, nicht außerordentlich hinderlich für den notwendigen technischen Fortschritt sein muß.

Sie sehen, daß wir Juristen vor schwierigen und komplexen Bewertungsfragen stehen. Um sie überhaupt richtig erfassen zu können, wird zunächst technisches Wissen und Verständnis verlangt. Letztlich müssen aber Bewertungsmaßstäbe herangezogen werden, die über eine rein technische Betrachtungsweise weit hinausgehen. Daraus wird vielleicht auch verständlich, daß es in solchen Fragen keine falschen und richtigen Lösungen geben kann, sondern unterschiedliche Ergebnisse herauskommen können. Solche auf unterschiedlichen Bewertungen beruhende unterschiedliche Ergebnisse sind für die richterliche Tätigkeit typisch. Sie sind in einem demokratischen Rechtsstaat auch notwendig, um eine einseitige Ausrichtung der Rechtsprechung zu vermeiden. Aufgabe der Revisionsgerichte ist es, zur Vereinheitlichung der Rechtsprechung im Sinne der Rechtssicherheit beizutragen. Es bleibt aber wichtig, daß auch ihre Tätigkeit immer wieder durch neue Bewertungen der Instanzgerichte angeregt und angestoßen wird.

Sehen Sie mir bitte nach, daß ich die Gelegenheit nutze, eine Lanze gerade für diejenige Erscheinungsform richterlicher Tätigkeit zu brechen, die in der Öffentlichkeit vielfach besonders kritisiert wird.

(b) Mehrheitsmeinung

Nach allem wird es Sie nicht verwundern, daß die Juristen auch auf die hier gestellte Frage, ob Abweichungen von den allgemein anerkannten Regeln der Technik einen Mangel des Werks begründen, unterschiedliche Antworten geben. Angesichts der unter Juristen verbreiteten eher konservativen, risikofeindlichen Grundhaltung ist es vielleicht nicht überraschend, daß überwiegend, vor allem auch in der Rechtssprechung (vgl. BGH BauR 81, 577, 579; OLG München BauR 84, 637) die Auffassung vertreten wird, es stelle einen Baumangel dar, wenn das Werk nicht den allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik entspricht.

(c) Abweichende Literaturmeinung

Nur um zu zeigen, wie die angesprochenen Bewertungsfragen in eine juristische Argumentation einfließen, möchte ich noch kurz auf eine abweichende Meinung in der Literatur eingehen (Siegburg BauR 85, 367, 382f unter Hinweis auf Marburger): Danach soll eine Bauleistung mangelfrei sein, wenn sie dem – gegenüber den allgemein anerkannten Regeln der Technik fortschrittlicheren – Stand der Technik entspricht. Dem Bauunternehmer soll allerdings nach Treu und Glauben (§ 242 BGB eine Einbruchstelle für unterschiedliche Bewertungen!) eine Hinweispflicht dahingehend auferlegt werden, daß er den Bauherrn rechtzeitig davon zu unterrichten hat, wenn er neue Bauweisen anwenden bzw. neue Bauteile oder Baustoffe verwenden will. Verletzt er diese Hinweispflicht schuldhaft, soll er wegen Verletzung nebenvertraglicher Pflichten aus positiver Vertragsverletzung auf Schadensersatz haften.

Ich will dazu nur anmerken, daß diese Lösung für beide Seiten auch Nachteile mit sich bringen kann. Der Besteller kann Schwierigkeiten haben, den ihm obliegenden Nachweis dafür zu führen, daß er auf der Anwendung der allgemein anerkannten Regeln der Technik bestanden hätte, wenn der Unternehmer seiner Hinweispflicht nachgekommen wäre. Der Unternehmer wiederum hat kein Nachbesserungsrecht, sondern muß sofort Schadensersatz leisten; außerdem ist er der für Ansprüche aus positiver Vertragsverletzung geltenden 30jährigen anstelle der normalerweise für Gewährleistungsansprüche bei Baumängeln geltenden 5 (oder im Falle des VOB-Vertrages) 2jährigen Verjährungsfrist ausgesetzt.

Sieht man von den angesprochenen Bewertungsfragen ab, spricht eine eher rechtsdogmatische Überlegung mehr für die Mehrheitsmeinung: Nach der Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil B (VOB/B) sind Bauwerke, die nicht den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik entsprechen, eindeutig mangelhaft. Das ergibt sich aus § 4 Nr. 2 Abs. 1 S. 2 und aus § 13 Nr. 1 VOB/B: „Dabei (bei der Ausführung seiner Leistung) hat er (der Auftragnehmer) die anerkannten Regeln der Technik und die gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen zu beachten". „Der Auftragnehmer übernimmt die Gewähr, daß seine Leistung zur Zeit der Abnahme die vertraglich zugesicherten Eigenschaften hat, den anerkannten Regeln der Technik entspricht und nicht mit Fehlern behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder nach dem Vertrag vorausgesetzten Gebrauch aufheben oder mindern." Nun gilt nicht für jeden Bauvertrag die VOB/B. Voraussetzung ist, daß die Parteien deren Geltung vereinbart haben. Bei der VOB/B handelt es sich aber um Allgemeine Geschäftsbedingungen, die nicht einseitig von einem Vertragspartner verwendet werden, sondern unter Beteiligung aller Betroffener aufgestellt worden sind. Das spricht dafür, daß sie insgesamt einen sachgerechten Interessenausgleich darstellen, und dort, wo sie die im BGB normierten Vertragspflichten konkretisieren, auch Anhaltspunkte für deren Auslegung liefern können.

(2) zu 2)

Daß ein Unternehmer, der sich an die allgemein anerkannten Regeln der Technik hält, ein mangelhaftes Werk herstellt, erscheint eigentlich ausgeschlossen.

(a) Erfolgshaftung

Dem ist aber nicht so, wie verschiedene, von meinem Vorredner schon erwähnte Beispiele aus der Rechtsprechung zeigen. Wenn ein Flachdach undicht ist oder eine Brücke Risse hat, weisen diese Bauwerke einen Mangel auf, obwohl die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten sind. Das ist die Folge der das Werkvertragsrecht beherrschenden Erfolgshaftung des Unernehmers. Wie § 633 BGB zeigt, hat er in jedem Fall dafür einzustehen, daß das Werk in seiner Gebrauchstauglichkeit nicht eingeschränkt ist. Verschulden spielt dabei keine Rolle. Es ist lediglich für einen Schadensersatzanspruch des Bestellers von Bedeutung. Aus rechtlicher Sicht kommt es also vor allem auf das Ergebnis an; das Verfahren, das zu diesem Ergebnis führt, interessiert weniger. Ich meine, es liegt auf der Hand, daß ein Flachdach mangelhaft ist, wenn es durchregnet.

In den allermeisten Fällen ist ein solches Arbeitsergebnis allerdings auch ein sicheres Anzeichen dafür, daß gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik verstoßen wurde. Gerade die praktische Bewährung, die eine allgemein anerkannte Regel der Technik auszeichnet, läßt es schwer vorstellbar erscheinen, daß Mängel auftreten können, wenn die Regel eingehalten ist. Denkbar ist das nur dann, wenn neue technische Erkenntnisse zur Korrektur der Regel zwingen, was aber eigentlich, wie gesagt, nicht passieren dürfte, wenn die Regel ordnungsgemäß zustandegekommen ist. Ich halte es deshalb durchaus für möglich, daß die Techniker unter Ihnen in den von der Rechtsprechung entschiedenen Fällen zu dem Ergebnis kämen, daß ein Verstoß gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik vorlag, wenn man den jeweiligen Fall von der technischen Seite her hinreichend genau analysiert. Der Jurist kann das, auch so etwas ist für die richterliche Arbeitsweise typisch, dahingestellt sein lassen: Weil auf jeden Fall ein dichtes Dach geschuldet wird, muß der Unternehmer nachbessern unabhängig davon, ob er die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten hat oder nicht.

Dieser Vorrang der Erfolgshaftung löst auch den sich scheinbar aus den schon zitierten Bestimmungen der VOB/B ergebenden Widerspruch auf, wonach einerseits in jedem Fall die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik geschuldet ist, andererseits aber das Werk in seiner Gebrauchstauglichkeit nicht eingeschränkt sein darf. Ziel der zitierten Bestimmungen der VOB/B ist es gerade, dem Besteller eine möglichst große Sicherheit zu geben, daß er ein mangelfreies Werk bekommt. Nur unter diesem Vorbehalt kann der Unternehmer deshalb zur Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik verpflichtet sein.

(b) Auswirkungen auf Verschulden beim Schadensersatz

Zur Beruhigung möchte ich auch nochmals darauf hinweisen, daß die für den Unternehmer häufig besonders belastenden Schadensersatzansprüche sein Verschulden am Zustandekommen des Baumangels voraussetzen. Würde in unserem Fall der Kläger statt Nachbesserung als Schadensersatz die zur Nachbesserung durch einen Drittunternehmer erforderliche Summe verlangen, wäre Anspruchsgrundlage dafür § 635 BGB. Diese Bestimmung lautet: „Beruht der Mangel des Werkes auf einem Umstande, den der Unternehmer zu vertreten hat, so kann der Besteller statt der Wandelung oder der Minderung Schadensersatz wegen Nichterfüllung verlangen". Für das Verschulden muß aber von Bedeutung sein, daß der Untenrehmer sich an die allgemein anerkannten Regeln der Technik gehalten hat. Wenn ihm keine konkreten Hinweise zugänglich waren, die zu Zweifeln an der fraglichen Regel Anlaß gaben, kann man ihm nicht vorwerfen, daß er nach dieser Regel gearbeitet hat. Ein Verschulden und damit ein Schadensersatzanspruch ist dann nicht gegeben.

bb) Subjektiver Fehler

Bislang habe ich von Verträgen gesprochen, in denen zu Beschaffenheit und Gebrauchstauglichkeit des Werks keine besonderen Vereinbarungen getroffen wurden.

Nehmen wir nun an, die Parteien hätten ausdrücklich in allen Einzelheiten vereinbart, daß das Flachdach so beschaffen sein sollte, wie es tatsächlich ausgeführt worden ist. Nach dem soeben Gesagten muß auch in diesem Fall ein Baumangel im Sinne von § 633 Abs. 1 BGB vorliegen. Denn der Umstand, daß das Flachdach genauso beschaffen ist, wie es im Bauvertrag steht, ändert nichts daran, daß das Dach nach den vertraglichen Vereinbarungen dicht sein sollte.

(1) Besondere Anforderungen

Die im Zivilrecht herrschende Vertragsfreiheit macht es natürlich möglich, vertraglich sowohl höhere als auch niedrigere Anforderungen zu vereinbaren, als sie die allgemein anerkannten Regeln der Technik an das Bauwerk stellen. Dies kann nicht nur ausdrücklich, sondern auch schlüssig geschehen.

(a) Höhere Anforderungen

So kann z.B. die Bezeichnung eines Hauses als höchsten Ansprüchen genügendes Luxus- und Komforthaus zur Folge haben, daß der Unternehmer einen erhöhten Schallschutz schuldet, also nicht mehr vertragsgerecht arbeitet, wenn lediglich die Mindestanforderungen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten sind.

(b) Niedrigere Anforderungen

Eine Vereinbarung, wonach „in Sparbauweise“ gebaut werden soll, wird man allerdings nicht so auslegen können, daß ein Ausführungsstandard vereinbart sein soll, der den Anforderungen, die die allgemein anerkannten Regeln der Technik stellen, nicht gerecht wird. Denkbar wäre es aber z.B., um Kosten zu sparen, ausdrücklich vertraglich zu vereinbaren, daß das Flachdach lediglich aus einer Lage Bretter bestehen soll, die mit einer einzigen PVC-Bahn abgedeckt wird.

(aa) Hinweispflicht

Auch wenn man annehmen muß, daß in einem solchen Fall eine Herstellung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht geschuldet ist, sind diese Regeln nicht vollkommen bedeutungslos: nach Treu und Glauben wird man den fachkundigen Unternehmer dann für verpflichtet halten müssen, den Besteller darauf hinzuweisen, daß eine solche billige Bauweise nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht und deshalb nur deutlich geringere Anforderungen erfüllen kann. Auch wenn das Dach während der Gewährleistungszeit wider Erwarten dichthalten sollte, kann der Unternehmer dann auch noch später Schadensersatz aus einer schuldhaften Nebenpflichtverletzung schulden.

Andererseits ist eine Hinweispflicht zu verneinen, wenn nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik gearbeitet werden soll. Nach § 13 Nr. 3 in Verbindung mit § 4 Nr. 7 VOB/B soll der Auftragnehmer für Mängel nicht einstehen müssen, die auf Umstände aus dem dem Besteller zuzurechnenden Bereich zurückzuführen sind, insbesondere auf die von diesem erstelle Leistungsbeschreibung oder auf dessen Anordnungen. In einem solchen Fall ist der Unternehmer nur dann gewährleistungspflichtig, wenn er seiner Verpflichtung nicht nachgekommen ist, den Auftraggeber auf die zu befürchtenden Mängel hinzuweisen. Dieser Grundsatz gilt aus dem Gesichtspunkt von Treu und Glauben (§ 242 BGB) auch für den BGB-Werkvertrag. Entspricht nun die Leistungsbeschreibung des Auftraggebers den allgemein anerkannten Regeln der Technik, kann man vom Unternehmer normalerweise nicht verlangen, den Auftraggeber auf die Gefahr von Baumängeln hinzuweisen. Denn in aller Regel wird der Unternehmer keinen Anlaß haben, daran zu zweifeln, daß das Werk, das den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht, mangelfrei sein wird.

(bb) §§ 134, 138 BGB, AGBG

Außerdem bleibt zu prüfen, ob Bauverträge nach § 134 BGB wegen Gesetzesverstoßes oder nach § 138 BGB wegen Sittenwidrigkeit nichtig sind, wenn sie davon entbinden, allgemein anerkannte Regeln der Technik einzuhalten, die dem Schutz von Leib und Leben dienen. Dies wäre z.B. wohl der Fall, wenn eine Flachdachkonstruktion vereinbart würde, die das Risiko des Einsturzes in Kauf nimmt. Sollten die Parteien in einem Formularvertrag oder durch Allgemeine Geschäftsbedingunen etwa vereinbaren, daß der Unternehmer nicht dafür haftet, daß die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden, kann das möglicherweise als verdeckter Gewährleistungsausschluß angesehen werden. Dann wäre eine solche Klausel nach § 11 Nr. 10a AGBG nichtig (Köhler BB 85, Beilage 4, 10, 15).

(cc) Vorteilsausgleich

Ein anderer Gesichtspunkt betrifft die Höhe des Werklohns. Hat der Unternehmer nicht nur allgemein einen bestimmten Erfolg versprochen, also in unserem Beispiel sich verpflichtet, ein natürlich dichtes Flachdach zu errichten, sondern ist vertraglich in allen Einzelheiten vorgegeben, wie das Dach ausgeführt sein soll, so kann sich ergeben, daß eine mangelfreie Ausführung notwendigerweise erheblich teurer ist als der vereinbarte Preis. Nun kann der Besteller in einem solchen Fall nicht verlangen, besser gestellt zu werden, als wenn sich der Unternehmer von vornherein vertragsgerecht verhalten hätte. Widerspricht die im einzelnen vereinbarte vertragliche Ausführung den allgemein anerkannten Regeln der Technik, ist der Unternehmer zwar zur Nachbesserung verpflichtet, wenn er es unterlassen hat, den Besteller auf diesen Umstand hinzuweisen. Der Besteller kann aber vom Unternehmer nicht verlangen, diese Arbeiten zu dem vereinbarten billigen Preis auszuführen. Er ist aus dem Gesichtspunkt des Vorteilsausgleichs vielmehr verpflichtet, diejenigen, wie sie genannt werden, „Sowieso-Kosten" zuzuschießen, die ihm entstanden wären, wenn von vornherein eine (wesentlich teurere) ordnungsgemäße Ausführung des Dachs vertraglich vereinbart worden wäre.

b) Zugesicherte Eigenschaft

Vom Fehler unterscheidet sich die zugesicherte Eigenschaft dadurch, daß ein Baumangel bereits dann gegeben ist, wenn sie fehlt, ohne daß dabei die Gebrauchstauglichkeit des Werks beeinträchtigt sein muß. Allerdings muß die Zusicherung hinzukommen.

Es muß also eine vertragliche Absprache vorliegen, daß das Werk eine bestimmte Beschaffenheit aufweisen soll.

Uns soll hier nur die Frage interessieren, ob die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik Gegenstand einer Zusicherung sein kann. Wie ausgeführt, stellt es bereits einen Fehler des Bauwerks dar, wenn es nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Kann man also auch das Nichtvorhandensein eines Fehlers als Eigenschaft zusichern? Das ist nach der Rechtsprechung schon des Reichsgerichts in der Tat möglich (RGZ 101, 69; 114, 241, 243; Ingenstau/Korbion, VOB, Teil B, 12. Auflage, § 13, Rn 118). Von Interesse kann das vor allem deshalb sein, weil es einfacher festzustellen sein kann, ob eine bestimmte technische Regel eingehalten ist, als allgemein die Frage zu beantworten, ob Planung und Ausführung des Werks den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Für eine Zusicherung genügt allerdings die bloße Bezugnahme auf irgendwelche technischen Regeln nicht. Es muß hinzukommen, daß versprochen worden ist, das Werk mit den entsprechenden Eigenschaften auszustatten. Gerade darauf muß es den Vertragspartnern angekommen sein. Ob das der Fall ist, wird jeweils durch Auslegung des Vertrages zu ermitteln sein.

2) Zusammenfassung

Nach allem läßt sich für unseren Fall folgende rechtliche Beurteilung zusammenfassen. Der Beklagte schuldet Nachbesserung, wenn Planung oder Ausführung des Dachs gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik verstoßen oder wenn die Undichtigkeit des Dachs auf die Planung oder Bauausführung des Dachs zurückzuführen ist.

V. Tatsächliche Seite

Ich komme nun darauf zu sprechen, wie aus richterlicher Sicht die tatsächliche Seite eines solchen Falles zu behandeln ist.

1) Beibringungsgrundsatz

Im Zivilprozeß gilt nicht der Amtsermittlungsgrundsatz, sondern das Beibringungsprinzip. Das bedeutet, daß der Kläger die Tatsachen, die den Tatbestand der jeweiligen Anspruchsgrundlage erfüllen, vortragen muß, während es Sache des Beklagten ist, Tatsachen vorzutragen, die als rechtsvernichtende (z.B. Erfüllung) oder als rechtshemmende (z.B. Verjährung) Einwendungen dem Anspruch entgegenstehen. Zur Entscheidung gestellt wird also nur der von den Parteien unterbreitete Sachverhalt, der theoretisch und auch praktisch, wie nicht selten spürbar wird, von dem wirklichen Geschehen erheblich abweichen kann. Hier zeigt sich die im Zivilrecht vorherrschende liberale Tradition, die davon ausgeht, es sei am besten, den Parteien selbst zu überlassen, wie sie ihren Prozeß führen.

Als Richter prüfe ich zunächst, ob die Klage schlüssig ist, d.h. ob nach dem Tatsachenvortrag allein des Klägers die Anspruchsvoraussetzungen einer Anspruchsgrundlage erfüllt sind, die den geltendgemachten Anspruch begründen kann. Ist das nicht der Fall, ist die Klage abweisungsreif, ohne daß auf das Verteidigungsvorbringen des Beklagten überhaupt einzugehen ist. Ist die Klage schlüssig, prüfe ich, inwieweit der Beklagte den maßgeblichen Tatsachenvortrag des Klägers bestreitet oder seinerseits Tatsachen behauptet, die den geltend gemachten Anspruch zu Fall bringen. Habe ich danach unterschiedliche Sachverhaltsdarstellungen, auf die es für die Entscheidung ankommt, muß ich fragen, welche Partei beweisbelastet ist (grundsätzlich der Kläger für die anspruchsbegründenden, der Beklagte für die anspruchsvernichtenden Tatsachen) und ob diese Partei ggf. Beweis für ihre Darstellung angeboten hat. Ggf. sind diese Beweise zu erheben. Ist kein Beweis angeboten, bleibt der entsprechende Tatsachenvortrag unberücksichtigt.

2) Tatsächliche Beurteilung des Falls

In unserem Fall ist zwischen den Parteien streitig, ob die aufgetretene Feuchtigkeit ihre Ursache in einem Planungs- oder Ausführungsfehler des Beklagten hat, oder darin, daß der Kläger bzw. dessen Bereich zuzurechnende Personen die Dachhaut nachträglich beschädigt haben. Weil der Kläger das Werk als vertragsgerechte Erfüllung abgenommen hat, muß er die tatsächlichen Voraussetzungen für den geltendgemachten Nachbesserungsanspruch beweisen, hier also insbesondere, ob die Leistung des Beklagten einen Fehler (Zusicherung einer Eigenschaft scheidet hier aus) aufweist. Wie im rechtlichen Teil ausgeführt, liegt ein Fehler im Sinne von § 633 Abs. 1 BGB auch dann vor, wenn der Beklagte die allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht eingehalten hat. Nicht selten ist es einfacher, den Beweis dafür zu führen, als dafür, daß die konkret aufgetretene Funktionsbeeinträchtigung auf die jeweilige Planung oder Ausführung zurückzuführen ist.

3) Technische Regelwerke = allgemein anerkannte Regeln der Technik?

Allerdings bringt es von der rein begrifflichen Seite nichts, anstatt einen Fehler des Bauwerks zu ermitteln, festzustellen, ob eine allgemein anerkannte Regel der Technik verletzt ist. Das eine ist so unbestimmt wie das andere. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind nur dann für Juristen von Interesse, wenn sich deren Vorhandensein und deren konkreter Inhalt verhältnismäßig leicht feststellen läßt. Damit sind wir bei der Frage, ob und ggf. welche der zahlreichen bestehenden technischen Regelwerke allgemein anerkannte Regeln der Technik darstellen. Ich will mich auch hier beschränken und in diesem Zusammenhang nur auf die für den Bauvertrag besonders bedeutsamen DIN-Normen eingehen.

a) DIN-Normen = allgemein anerkannte Regeln der Technik?

Sind DIN-Normen allgemein anerkannte Regeln der Technik? Rufen wir uns noch einmal in Erinnerung, welchen Anforderungen sie dafür entsprechen müssen. Eine allgemein anerkannte Regel der Technik muß in der Wissenschaft anerkannt und damit theoretisch richtig sein; sie muß ausnahmslos wissenschaftlicher Erkenntnis entsprechen und sich in der Praxis restlos durchgesetzt haben. Kann man immer davon ausgehen, daß DIN-Normen diesen sehr hohen Ansprüchen genügen? Dazu muß man m.E. zwei unterschiedliche Blickwinkel im Auge haben, die Art ihres Zustandekommens und ihren Inhalt.

aa) Art des Zustandekommens

Zum ersten Gesichtpunkt kann ich auf das verweisen, was meine Vorredner bereits ausgeführt haben. Das Verfahren bei der Aufstellung von DIN-Normen muß sicherstellen, daß wirklich ausschließlich der Sachverstand aller maßgeblichen Fachleute aus Wissenschaft und Praxis in die Regel einfließt. Vor allem muß garantiert sein, daß nicht irgendwelche Interessengruppen die Oberhand gewinnen. Dazu scheint mir von großer Bedeutung das auch von Herrn Kremer angesprochene Demokratieprinzip zu sein, also die Vorgabe, daß möglichst alle zu Wort kommen sollen, und im Zusammenhang damit der Grundsatz, vor einer endgültigen Festlegung jeden Entwurf der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorzulegen. Diese Prinzipien einzuhalten, stelle ich mir umso problematischer vor, je umfassender der Geltungsbereich ist, den die jeweilige technische Regel für sich beansprucht. Gerade wenn es um einheitliche Regeln nicht nur für den nationalen Bereich, sondern für ganz Europa geht, kann es schwierig werden, eine solche allumfassende Beteiligung der Betroffenen sicherzustellen. Möglicherweise wird man nicht umhin können, anstelle auf direkte mehr auf repräsentative Demokratie zu setzen, wobei man der Art dieser Repräsentation große Aufmerksamkeit wird schenken müssen. Andererseits liegt es auf der Hand, daß mit der Verschmelzung der nationalen Märkte eine europäische Vereinheitlichung der technischen Normen einhergehen muß, und man kann wohl auch zuversichtlich sein, daß diese Vereinheitlichung vor allem dort voranschreitet, wo ein europäischer Konsens tatsächlich auch weit entwickelt ist.

bb) Inhalt

Der zweite Gesichtspunkt betrifft vor allem den in der Natur der Sache liegenden Umstand, daß technische Entwicklung und wissenschaftliche Erkenntnis in einem ständigen Fortschritt begriffen sind, von dem man vielleicht sogar annehmen muß, daß er sich auch noch ständig beschleunigt. Deshalb müssen in DIN-Normen festgehaltene allgemein anerkannte Regeln der Technik notwendigerweise veralten und kann es nicht immer gelingen, eine DIN-Norm diesem Fortschritt rechtzeitig anzupassen. Die DIN 820 sieht vor, daß Normen spätestens alle 5 Jahre überprüft werden müssen. Ob das tatsächlich geschieht, kann ich nicht beurteilen. Die Notwendigkeit ständiger Aktualisierung steht natürlich zusätzlich in einem Spannungsverhältnis zu den gerade beschriebenen Verfahrensprinzipien. Je komplizierter das Aufstellungsverfahren ist, umso mehr wächst die Gefahr, daß man mit der Entwicklung nicht mehr Schritt halten kann.

cc) Ergebnis

Die Frage, ob eine DIN-Norm den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht, läßt sich danach bejahen, wenn die Vorschrift deren Anforderungen insbesondere nach Art des Zustandekommens und nach ihrem dem technischen Entwicklungsstand entsprechenden Inhalt gerecht wird. In der Rechtsprechung ist allgemein anerkannt, und das ist ein großes Kompliment an die Arbeit Ihres Instituts, Herr Kremer, daß das in aller Regel der Fall ist.

Es ist allerdings darauf aufmerksam zu machen, daß nicht der umgekehrte Satz gilt, daß alles, was nicht in technischen Regelwerken niedergelegt ist, regelmäßig nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Auch die DIN-Normen nehmen nicht in Anspruch, jeweils die einzige allgemein anerkannte Regel der Technik zu sein.

b) Konkreter Fall

Was bedeutet das für die konkrete richterliche Entscheidung? Der Richter als Nichtfachmann auf technischem Gebiet kann selbst nicht feststellen, ob Planung und Ausführung eines Flachdachs den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Er wird deshalb, wenn hierüber zwischen den Parteien Streit besteht und entsprechender Beweis angeboten ist, ein Sachverständigengutachten dazu einholen müssen.

aa) Antizipiertes Sachverständigengutachten?

Ist nun diese Beweiserhebung überflüssig, weil es eine DIN-Norm über das Flachdach gibt, nämlich die DIN 18531? Führt eine solche Vorschrift als „antizipiertes Sachverständigengutachten“ den vollen Beweis dafür, daß die allgemein anerkannten Regeln der Technik für das Flachdach so beschaffen sind, wie es in dieser Vorschrift niedergelegt ist? Das kann nach dem, was ich gerade ausgeführt habe, nicht richtig sein, weil es Fälle gibt, in denen DIN-Normen nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

bb) Änderung der Beweislast

Allerdings spricht nach der Rechtsprechung eine Vermutung dafür, daß DIN-Vorschriften allgemein anerkannte Regeln der Technik wiedergeben. Diese Vermutung hat eine Änderung der Beweislast zur Folge. Normalerweise muß unser Kläger beweisen, daß der Beklagte die allgemein anerkannten Regeln der Technik nicht eingehalten hat. Steht aber fest, daß der Beklagte entgegen den DIN-Vorschriften geplant oder gebaut hat, wird ein Verstoß gegen die allgemein anerkannten Regeln der Technik angenommen, es sei denn, der Beklagte legt nun seinerseits dar und führt auch den Beweis dafür, daß er die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten hat.

Die Vermutung, daß die DIN-Normen die allgemein anerkannten Regeln der Technik wiedergeben, wirkt sich auch noch in soweit aus, als bei einem Verstoß gegen DIN-Normen auch vermutet wird, daß ein eingetretener Baumangel auf diesem Verstoß beruht (vgl. BGH NJW 91, 2001). Das bedeutet für unseren Fall, daß bei einem feststehenden Verstoß gegen DIN-Normen nicht mehr der Kläger beweisen muß, daß die Undichtigkeit des Dachs auf Planungs- oder Ausführungsfehler des Beklagten beruht, sondern der Beklagte den Nachweis zu führen hat, daß das Dach nachträglich beschädigt worden ist. Gerade bei komplexen Bauwerken mit verschiedenen Beteiligten (Architekt, Sonderfachmann, diverse Handwerker) kann der Verteilung der Beweislast danach, ob allgemein anerkannte Regeln der Technik eingehalten worden sind, große Bedeutung zukommen.

cc) Anwendung auf den Fall

Lassen Sie mich das alles abschließend noch einmal an unserem Beispielsfall vorführen.

Um die streitigen Tatsachen zu klären, muß der Richter Beweis durch Sachverständigengutachten erheben. Dazu erläßt er einen Beweisbeschluß, in dem er die genauen Beweisfragen aufführt, die sich nur auf Tatsachen, nicht auf Rechtsfragen (z.B. ob ein „Baumangel" vorliegt) beziehen dürfen, über welche allein der Richter zu befinden hat. Gerade die exakte Formulierung der Beweisfragen ist eine wichtige Voraussetzung dafür, daß die Tatsachengrundlage zutreffend ermittelt wird. In unserem Fall könnten die Beweisfragen lauten, wobei ich voraussetze, daß die Parteien auch jeweils entsprechende konkrete Behauptungen aufstellen (um die angesprochenen Vermutungen in Anspruch nehmen zu können bzw. zu widerlegen):

1) Welche technische Ursache hat die an dem Flachdach des klägerischen Hauses aufgetretene Undichtigkeit? (Beweislast K)
2) Falls sich die Ursache nicht feststellen läßt: Entsprechen Planung und Ausführung des Flachdachs nicht der DIN 18531, ggf. in welchen Punkten nicht? (Beweislast K)
3) Falls die DIN-Norm eingehalten ist: Entspricht die DIN 18531 nicht (mehr) den allgemein anerkannten Regeln der Technik (Beweislast K)?
4) Falls die DIN-Norm nicht eingehalten ist: Entsprechen Planung und Ausführung dennoch den allgemein anerkannten Regeln der Technik (Beweislast B)?

Der Sachverständige nimmt eine Ortsbesichtigung vor. Ihm ist es nicht möglich, die genaue Ursache der Durchfeuchtungen zu ermitteln; er stellt aber fest, daß Anschlüsse an Bewegungsfugen nicht DIN-gerecht ausgeführt worden sind (vgl. DIN 18531 4.7., 4.9). Er wird dann die Frage 4) beantworten müssen.

In der Praxis wird allerdings nicht so genau differenziert, wie ich es jetzt hier gezeigt habe. Normalerweise tragen die Parteien zu DIN-Normen und allgemein anerkannten Regeln der Technik gar nichts vor. Im Beweisbeschluß wird dann nur die Frage 1) gestellt. Der Sachverständige, der feststellt, daß die Anschlüsse nicht DIN-gerecht sind, wird in aller Regel (streng genommen wohl häufig in Vorwegnahme der angesprochenen Kausalitätsvermutung) zu dem Ergebnis kommen, daß hierin die Ursache der Durchfeuchtungen liegt.

c) Bedeutung des Sachverständigen

Deutlich geworden ist damit, daß allgemein anerkannte Regeln der Technik den gerichtlichen Sachverständigen nicht überflüssig machen, sondern zusätzliche Anforderungen an diesen stellen, wenn er beurteilen muß, ob ein technisches Regelwerk (noch) allgemein anerkannte Regel der Technik ist und ob eine allgemein anerkannte Regel der Technik existiert, die (noch) nicht in einem Regelwerk schriftlich festgehalten ist.

Bericht über die Aussprache zu den Vorträgen Kremer und Knoke

(Vorsitz Thieme)

Allgemein und an Beispielen wurde die Frage, ob die Beachtung der anerkannten Regeln der Technik allein Mängelfreiheit garantiert oder umgekehrt, ob Mängel immer in der Nichtbeachtung dieser Regeln begründet sind, erörtert. In der Diskussion war das Problem, ob und wann technische Normen, z.B. DIN-Normen, allgemein anerkannte Regeln der Technik sind oder nicht und wann der Anwender davon ausgehen kann, daß die rechtliche Vermutung dafür besteht, bedeutend.

Hauptgegenstand der Aussprache war die Frage nach der Verbindlichkeit der DIN-Normen. Kremer und andere Ingenieurwissenschaftler wiesen auf die Tatsache hin, daß die DIN-Normen Angebote seien, derer sich jedermann bedienen könne. Niemand werde gezwungen, diese Normen anzunehmen. Kremer wies vor allem den Ausdruck „DIN-Vorschriften" zurück; durch die Normen werde nichts vorgeschrieben. Die Tatsache, daß die Normblätter verkauft würden und daß das DIN als Verleger weitgehend vom Verkauf seiner Normblätter lebe, hebe das Interesse an der Qualität der Normen.

Die Juristen wiesen demgegenüber vor allem auf die mittelbare Wirkung der DIN-Normen hin. Knoke zeigte aus der Sicht der zivilrechtlichen Praxis, daß die Formulierung der Vorschriften des BGB, z.B. der über den Werkvertrag, dazu zwinge, immer wieder auf die DIN-Normen zurückzugreifen.

Eingehend besprochen wurde die Tatsache, daß DIN-Normen veralten und zwar zunehmend schneller, entsprechend dem sich beschleunigenden Fortschritt der Wissenschaft. Es wurde betont, daß die letzte verfügbare Ausgabe bestimmter DIN-Normen oft nicht mehr den „Stand der Technik" wiedergäben. Kremer berichtete über das Verfahren der Erneuerung der DIN-Normen, mußte aber einräumen, daß es nicht immer gelinge, den vorgeschriebenen zeitlichen Abstand von fünf Jahren für die Erneuerung der Normen einzuhalten.

Gegenstand des Gesprächs war auch die Rolle des Sachverständigen im gerichtlichen Verfahren, der vielfach mit den DIN-Normen arbeitet und diese seinem Gutachten zugrundelegt. Es wurde dabei problematisiert, inwieweit der Richter in der Lage ist, Mängel des Gutachtens, die auf einer unzweckmäßigen oder gar falschen DIN-Norm beruhten, zu erkennen.

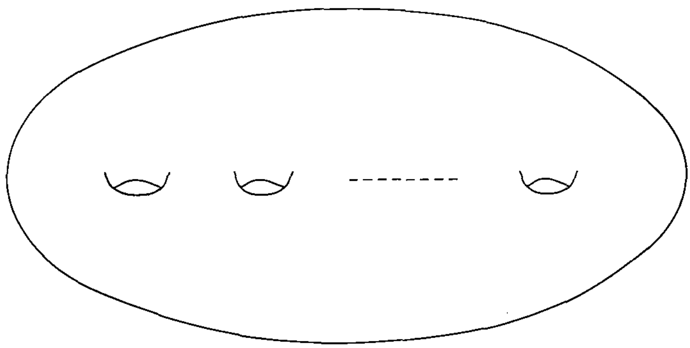
KLAUS HULEK, Hannover

Einbettungen von Kurven und Flächen

Bei dem vorliegenden Aufsatz handelt es sich um die Ausarbeitung meines Vortrags mit dem gleichen Titel, den ich anläßlich der Jahresversammlung der BWG am 14. Juni 1996 in Braunschweig gehalten habe. Ziel dieses Vortrags war es, den Problemkreis und das Hauptergebnis der Arbeit [CFHR], die ich gemeinsam mit F. Catanese, M. Franciosi und M. Reid verfaßt habe, einem breiteren mathematischen Publikum vorzustellen. Auch in diesem Aufsatz möchte ich in erster Linie die zu Grunde liegenden Ideen schildern. Für eine detaillierte Formulierung der Ergebnisse und die technischen Details sei der Leser auf [CFHR] verwiesen.

I Einbettung von Kurven

Im folgenden sei C eine kompakte *Riemannsche Fläche* vom Geschlecht g, d.h. eine 2-dimensionale reelle Fläche mit g Löchern,



die noch zusätzlich eine komplexe Struktur trägt. Jede solche kompakte Riemannsche Fläche kann bekanntlich in einen projektiven Raum $\mathbb{P}^n = \mathbb{P}^n(\mathbb{C})$ eingebettet werden, wo C dann durch endlich viele Polynomgleichungen beschrieben werden kann. (Diese Aussage ist im wesentlichen äquivalent zum *Riemannschen Existenzsatz* für nicht-triviale meromorphe Funktionen). Damit wird C zu einem Objekt der algebraischen Geometrie und man spricht von einer *projektiven Kurve* (wobei man nun weniger an das reell 2-dimensionale, als das komplex 1-dimensionale Gebilde denkt.)

Es stellt sich nun die Frage, wie Einbettungen in projektive Räume konkret beschrieben werden können. Hierzu betrachten wir einen *Divisor* D auf der Kurve C, d.h. eine formale Summe

$$D = n_1 P_1 + \ldots + n_k P_k; \quad P_i \in C, n_i \in \mathbb{Z}.$$

Denken wir an D als eine Menge von Punkten mit vorgegebenen Null- und Polstellenordnungen, so führt uns dies auf den folgenden Vektorraum von meromorphen Funktionen auf C:

$$H^0(D) = \{f \in \mathcal{M}(C); \quad \mathrm{ord}_{P_i} f \geq -n_i\}.$$

Es ist nicht schwer einzusehen, daß $H^0(D)$ ein endlich-dimensionaler Vektorraum ist. Es sei

$$h^0(D) = \dim_{\mathbb{C}} H^0(D)$$

die Dimension von $H^0(D)$. Wählen wir eine Basis

$$f_0, \ldots, f_N \in H^0(D), \quad h^0(D) = N + 1,$$

so erhalten wir eine Abbildung

$$\begin{aligned} \varphi = \varphi_D : \quad & C \longrightarrow \mathbb{P}^N \\ & x \longmapsto (f_0(x) : \ldots : f_N(x)). \end{aligned}$$

Man zeigt leicht, daß φ eine wohldefinierte holomorphe Abbildung ist. Bis auf eine Koordinatentransformation in $\mathbb{P}^N$ hängt diese Abbildung nur von dem Divisor D ab.

Der *Grad* des Divisors D ist definiert durch

$$\deg D = n_1 + \ldots + n_k.$$

Theorem 1 *Es sei D ein Divisor auf C vom Grad $d \geq 2g + 1$. Dann gilt:*

(i) $h^0(D) = d + 1 - g$,

(ii) φ_D *ist eine Einbettung.*

Beweis. Siehe etwa [Ha, Corollary IV.3.2]. □

Beide Aussagen sind einfache Konsequenzen des Satzes von Riemann-Roch. Genauer gesagt, benötigt man hierzu eigentlich nur den Satz von

Riemann. Aus der ersten Aussage folgt insbesondere die Existenz nichtkonstanter meromorpher Funktionen auf C.

Eine andere Möglichkeit, Abbildungen in projektive Räume zu beschreiben, besteht darin, *Differentialformen* zu verwenden. Wir betrachten hierzu den Vektorraum der globalen (holomorphen) Differentialformen auf C:

$$H^0(K_C) = \{\omega; \omega \text{ ist Differentialform auf } C\}.$$

Formal ist eine Differentialform ω ein Schnitt im Kotangentialbündel von C, oder äquivalent, ein globaler Schnitt der kanonischen Garbe (welche meist mit K_C bezeichnet wird). Lokal ist jede Differentialform ein Ausdruck der Form

$$\omega = f(z)dz$$

wobei z eine Ortsuniformisierende und $f(z)$ eine holomorphe Funktion ist. Für die Dimension von $H^0(K_C)$ gilt

$$h^0(K_C) = g.$$

(Diese Aussage ist der eigentliche Kern des Satzes von Riemann-Roch.) Analog kann man den Raum der k-fachen Differentialformen betrachten:

$$H^0(kK_C) = \{\omega; \omega \text{ ist } k\text{-fache Differentialform auf } C\}.$$

Eine k-fache Differentialform besitzt lokal eine Darstellung der Form

$$\omega = f(z)dz^k.$$

Für die Dimension dieser Räume gilt die Formel

$$(1) \quad h^0(kK_C) = \begin{cases} 0 \text{ für alle } k \geq 1, & \text{falls } g = 0, \\ 1 \text{ für alle } k \geq 1, & \text{falls } g = 1, \\ \left\{ \begin{array}{c} g \text{ für } k = 1 \\ (2k-1)(g-1) \text{ für } k \geq 2 \end{array} \right\}, & \text{falls } g \geq 2. \end{cases}$$

Man beachte, daß C genau dann das Geschlecht 0 hat, falls C die Riemannsche Zahlenkugel $\mathbb{P}^1 = \mathbb{C} \cup \{\infty\} = S^2$ ist, und daß das Geschlecht von C genau dann 1 ist, wenn C ein Torus ist. Im letzten Fall ist $C = \mathbb{C}/\Lambda$ wobei Λ ein *Gitter* in $\mathbb{C}$ ist. Dies ist der wichtige Fall der *elliptischen Kurven.*

Will man Differentialformen benutzen, um Einbettungen in projektive Räume zu konstruieren, so hat dies auf Grund von Formel (1) nur Chancen für $g \geq 2$. Wir erinnern hier noch daran, daß eine Kurve C *hyperelliptisch* heißt, falls sie als 2-blättrige Überlagerung der Riemannschen Zahlenkugel

$\mathbb{P}^1(\mathbb{C})$ dargestellt werden kann. Für $g \leq 2$ ist jede Kurve hyperelliptisch, während die allgemeine Kurve vom Geschlecht $g \geq 3$ nicht hyperelliptisch ist.

Theorem 2 *Es sei C eine Kurve vom Geschlecht $g(C) \geq 2$. Dann gilt*

(i) *Die Abbildung*

$$\varphi_1 = \varphi_{K_C} : \begin{array}{l} C \longrightarrow \mathbb{P}^{g-1} \\ x \longmapsto (\omega_0(x) : \ldots : \omega_{g-1}(x)) \end{array}$$

ist genau dann eine Einbettung, wenn C nicht hyperelliptisch ist.

(ii) *Für $k \geq 3$, bzw. $k \geq 2$ und $g \geq 3$ ist*

$$\varphi_k = \varphi_{kK_C} \; : \; C \mapsto \mathbb{P}^N \quad (N + 1 = (2k-1)(g-1))$$

stets eine Einbettung.

Beweis. Für Aussage (i) siehe etwa [Ha, Proposition IV.5.3]. Aussage (ii) folgt insbesondere auch aus Theorem 1, da der Grad des kanonischen Divisors gleich $2g - 2$ ist. □

An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, daß die obigen Sätze nicht nur für kompakte Riemannsche Flächen, d.h. komplexe algebraische Kurven, sondern ebenso für Kurven gelten, die über einem beliebigen algebraisch abgeschlossenen Grundkörper k definiert sind.

II Einbettung von Flächen

Es sei nun S eine kompakte komplexe Fläche (insbesondere ist also S eine reell 4-dimensionale Mannigfaltigkeit). In diesem Fall ist S nicht mehr notwendigerweise projektiv-algebraisch, d.h. S kann nicht immer in einen projektiven Raum eingebettet werden. (Entsprechende Beispiele finden sich bereits in der Klasse der komplex 2-dimensionalen Tori.) Wir nehmen nun im folgenden stets an, daß S eine solche Einbettung besitzt, d.h. eine *projektiv-algebraische Fläche* ist.

In Analogie zum Kurvenfall betrachten wir jetzt den Raum der (holomorphen) 2-Formen auf S:

$$H^0(K_S) = \{\omega; \omega \text{ ist eine 2-Form auf } S\}.$$

Lokal läßt sich jede 2-Form in der Gestalt

$$\omega = f(z_1, z_2)dz_1 \wedge dz_2$$

darstellen, wobei z_1, z_2 ein lokales Koordinatensystem und $f(z_1, z_2)$ eine holomorphe Funktion ist. Ebenso kann man auch hier den Raum der k-fachen 2-Formen

$$H^0(kK_S) = \{\omega; \omega \text{ ist } k\text{-fache 2-Form}\}$$

mit lokaler Darstellung

$$\omega = f(z_1, z_2)(dz_1 \wedge dz_2)^k$$

betrachten. Diese Begriffsbildungen machen alle auch dann Sinn, wenn S über einem algebraisch abgeschlossenen Körper $k = \bar{k}$ definiert ist. Im folgenden verzichten wir daher auf die Annahme, daß S eine komplexe Fläche ist und arbeiten stets mit projektiven Flächen über einem Körper $k = \bar{k}$.

Das Wachstumsverhalten der Dimension $h^0(kK_S)$ in Abhängigkeit von k führt auf den grundlegenden Begriff der *Kodairadimension*.

Definition (i) *Die* Kodairadimension $\kappa(S)$ *der Fläche S ist wie folgt definiert:*

$$\kappa(S) = \begin{cases} -\infty & \text{falls } h^0(kK_S) = 0 \quad \text{für alle } k \geq 1, \\ 0 & \text{falls } h^0(kK_S) \leq 1 \quad \text{für } k \geq 1, \text{aber nicht} \\ & \text{stets } h^0(kK_S) = 0, \\ 1 & \text{falls } h^0(kK_S) \sim k \\ 2 & \text{falls } h^0(kK_S) \sim k^2 \end{cases} .$$

(ii) *Eine Fläche S heißt von* allgemeinem Typ, *falls* $\kappa(S) = 2$.

Die Kodairadimension ist der zentrale Begriff für die Enriques-Klassifikation algebraischer Flächen (siehe etwa [BPV]). Offensichtlich kann die Kodairadimension in analoger Weise für Varietäten beliebiger Dimension erklärt werden, und ist entsprechend das grundlegende Hilfsmittel in der Klassifikation algebraischer Varietäten. Für eine Kurve C ergibt sich aus Formel (1) unmittelbar

$$\kappa(C) = \begin{cases} -\infty & \Leftrightarrow \quad C = \mathbb{P}^1 \\ 0 & \Leftrightarrow \quad C \text{ ist elliptisch} \\ 1 & \Leftrightarrow \quad g(C) \geq 2. \end{cases}$$

Für eine Varietät X von Dimension n ist stets $\kappa(X) \in \{-\infty, 0, \ldots, n\}$. Dann heißt X entsprechend von allgemeinem Typ, wenn $\kappa(X) = \dim X$ gilt.

Wir kehren nun zu den *plurikanonischen Abbildungen*

$$\varphi_k = \varphi_{kK_S} : S - - \to \mathbb{P}^N$$

zurück. Wir nehmen für das folgende an, daß S *minimal* ist, d.h. daß es auf S keine (-1) -Kurven gibt. (Da solche Kurven immer kontrahiert werden können, ist dies keine wesentliche Annahme). Dennoch treten in diesem Fall zwei Schwierigkeiten auf, die es im Fall von Kurven nicht gibt:

(1) φ_k kann Unbestimmtheitsstellen haben, d.h. in einzelnen Punkten nicht definiert sein. (Dies wird durch die Notation $- - \to$ angedeutet und liegt daran, daß eine meromorphe Funktion in einer Variablen höchstens Pole hat, während etwa die Funktion z_1/z_2 in 0 eine echte Unbestimmtheitsstelle besitzt.) Allerdings kann man dennoch über das Bild von S unter φ_k sprechen. Es gilt dann

$$\kappa(S) = \max_k \dim_{\varphi_k}(S).$$

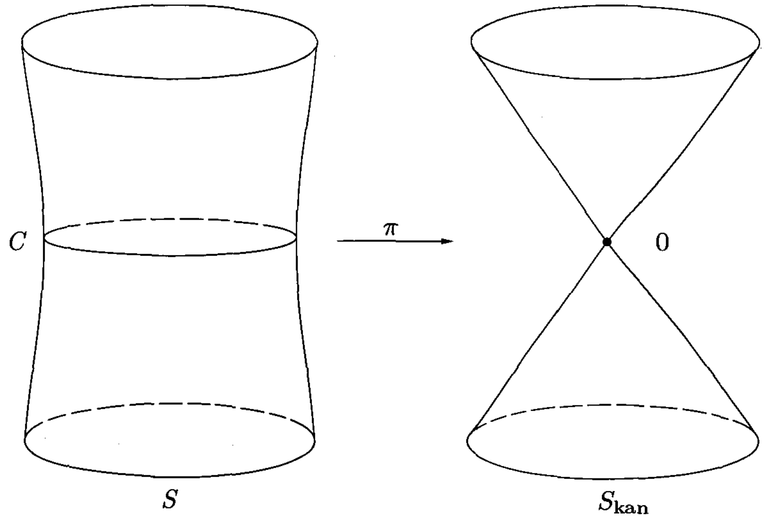
D.h. man kann lediglich im Fall von Flächen von allgemeinem Typ erwarten, daß φ_k eine Einbettung ist.

(2) Es kann auf S rationale (-2) -Kurven geben. Dies sind rationale Kurven, deren Normalenbündel den Grad (-2) hat. Solche Kurven werden unter φ_k für alle $k \geq 1$ auf einen Punkt abgebildet, d.h. φ_k kann niemals eine Einbettung sein. Allerdings kann es auf einer Fläche S nur endlich viele solcher Kurven geben. Man kann nun diese Kurven kontrahieren und erhält dann eine Abbildung

$$\pi : S \to S_{kan}.$$

Die Abbildung π ist birational. Allerdings ist S_{kan} eine *singuläre* Fläche. Die möglichen auftretenden Singularitäten sind klassifizierbar und verhalten sich gut. Hierbei treten nur *rationale Doppelpunkte* (*2-dimensionale* ADE-*Singularitäten*) auf. Die Fläche S_{kan} heißt das *kanonische Modell* der Fläche S. Im Fall einer einzigen (-2) -Kurve führt dieser Prozeß auf einen gewöhnlichen Doppelpunkt. Das zugehörige reelle

Bild kann man sich wie folgt vorstellen



Hierbei wird die (-2) -Kurve C unter π auf den singulären Punkt 0 kontrahiert.

Theorem 3 *Es sei S eine minimale Fläche von allgemeinem Typ. Für $k \geq 5$ ist die plurikanonische Abbildung $\varphi_k = \varphi_{kK_S} : S \to \mathbb{P}^N$ wohldefiniert und induziert eine Einbettung*

$$\varphi_k : S_{kan} \longrightarrow \mathbb{P}^N$$

des kanonischen Modells von S.

Dieser Satz wurde zuerst 1973 von Bombieri [Bo] für den Grundkörper $k = \mathbb{C}$ bewiesen. Um 1985 entwickelte Reider [Rei] mit Hilfe von Vektorbündeltechniken ein Kriterium für sehr ample Geradenbündel, das auch für plurikanonische Abbildungen benutzt werden kann, wobei allerdings für die Doppelpunkte von S_{kan} zusätzliche Überlegungen notwendig sind. Ergebnisse für Grundkörper mit positiver Charakteristik wurden von Ekedahl [Ek] und Shepherd-Barron [S-B] zwischen 1988 und 1991 erzielt. Der obige Satz kann weiter verschärft werden, so gilt die Aussage etwa auch für $k = 4$, falls $K_S^2 \geq 2$ oder $k = 3$ falls $p_g(S) \geq 2$ und $K_S^2 \geq 3$ ist (hierbei ist K_S^2 die Selbstschnittzahl des kanonischen Divisors und $p_g(S)$ bezeichnet das geometrische Geschlecht der Fläche S).

III Ein neuer Beweiszugang

In diesem Abschnitt soll der Beweis von Theorem 3 skizziert werden, wie er in [CFHR] gegeben wurde (siehe auch [CF]). Der Vorteil dieses relativ kurzen Beweises ist, daß er in beliebiger Charakteristik funktioniert und man von Anfang an auf dem kanonischen Modell arbeiten kann. Zudem kann man neue Aussagen über die Rolle von Franciakurven bei bikanonischen Abbildungen machen (siehe [CFHR, Theorem 1.4]), auf die ich hier aber nicht näher eingehen will.

Die *Idee* besteht darin, die Einschränkung der Abbildung φ_k auf geeignete Kurven C in S_{kan} zu studieren. Ist $0 \neq \omega \in H^0(mK_S) \cong H^0(mK_{S_{kan}})$ eine m-fache 2-Form, so ist

$$C = \{\omega = 0\} \subset S_{kan}$$

eine Kurve (genauer gesagt ein *Cartierdivisor*) auf S. Dabei ist $\omega = 0$ als $f = 0$ zu verstehen, wenn $\omega = f(dz_1 \wedge dz_2)^m$ eine lokale Darstellung von ω ist. Wir sagen dann, daß C ein Element des Linearsystems $|mK_{S_{kan}}|$ ist und schreiben

$$C \in |mK_{S_{kan}}|.$$

Um zu zeigen, daß φ_k eine Einbettung ist, genügt es zu zeigen, daß φ_k injektiv ist, und auch das Differential von φ_k in jedem Punkt injektiv ist. Klassischerweise sagt man dazu, daß φ_k Punkte und Tangenten trennt. Um etwa die Injektivität zu beweisen, kann man dann wie folgt vorgehen: Es seien $P \neq Q$ zwei verschiedene Punkte auf S_{kan}. Gelingt es, eine Kurve C durch P und Q zu finden, so daß $\varphi_k|_C$ injektiv ist, so gilt offensichtlich $\varphi_k(P) \neq \varphi_k(Q)$. Analog kann man vorgehen, um Tangenten zu trennen; man muß dann eine Kurve C finden, die eine vorgegebene Tangentialrichtung in einem Punkt P hat (wobei man dies in den Doppelpunkten von S_{kan} richtig formulieren muß.) Eine mögliche Schwierigkeit in diesem Ansatz liegt darin, daß C alle Elemente des Linearsystems $|mK_{S_{kan}}|$ durchlaufen kann. Insbesondere bedeutet dies, daß C singulär, reduzibel oder sogar nicht-reduziert sein kann. Man benötigt also zunächst einen guten Einbettungssatz für möglicherweise singuläre, reduzible und nicht-reduzierte Kurven. In [CFHR] wurde die folgende Verallgemeinerung von Theorem 1 bewiesen.

Theorem 4 *Es sei C eine Kurve (d.h. ein rein 1-dimensionales projektives Schema über $k = \bar{k}$, und H ein Cartierdivisor auf C. Dann ist $\varphi_H : C \to \mathbb{P}^N$ eine Einbettung, falls für jede Unterkurve $B \subset C$, die generisch Gorenstein ist, gilt*

$$\deg(H|_B) \geq 2p(B) + 1$$

wobei $p(B)$ das (arithmetische) Geschlecht von B ist.

Beweis. Die Haupthilfsmittel sind Serre-Dualität und Grothendieck-Dualität für endliche Morphismen. Für Einzelheiten siehe [CFHR, pp. 5-8]. □

Es sei erwähnt, daß, ähnlich wie bei Theorem 1, auch noch Aussagen im Fall $\deg(H|_B) = 2p(B)$ bewiesen werden können, die aber technisch schwieriger zu formulieren sind (siehe [CFHR, Theorem 1.1]).

Beweis von Theorem 3 (Skizze). Es sei $k \geq 5$ fest. Wir untersuchen die Einschränkung von φ_k auf Kurven $C \in |(k-2)K_{S_{kan}}|$.

Schritt 1: Wir stellen zunächst fest, daß die Einschränkung

$$H^0(kK_{S_{kan}}) \to H^0(kK_{S_{kan}}|_C)$$

surjektiv ist, d.h. daß die Abbildung $\varphi_k|_C$ durch ein vollständiges Linearsystem gegeben wird. Dies folgt aus $H^1(2K_{S_{kan}}) = 0$. Im Fall $k = \mathbb{C}$ ist dies eine unmittelbare Konsequenz aus dem Verschwindungssatz von Kodaira. Im Fall $char(k) > 0$ siehe [Ek] bzw. [S-B].

Schritt 2: Als nächstes wird gezeigt, daß es genügend viele Kurven C in dem Linearsystem $|(k-2)K_{S_{kan}}|$ gibt, um Punkte und Tangenten zu trennen. Technisch gesprochen bedeutet dies, daß es für jedes vorgegebene 0-dimensionale Unterschema ζ (Cluster) der Länge 2 von S_{kan} eine Kurve $C \in |(k-2)K_{S_{kan}}|$ gibt, die ζ enthält. Dies folgt, da man mit Hilfe von Standardargumenten und Riemann-Roch leicht die Ungleichung $h^0((k-2)K_{S_{kan}}) \geq 3$ ableiten kann.

Schritt 3: Wir wollen nun zeigen, daß Theorem 4 auf alle Kurven der Form $C \in |(k-2)K_{S_{kan}}|$ angewendet werden kann. Das heißt, wir müssen sehen, daß für jede Unterkurve B (die hier automatisch generisch Gorenstein ist), die Ungleichung

$$(2) \quad \deg(kK_{S_{kan}}|_B) \geq 2p(B) + 1$$

gilt. Um das Vorgehen zu erläutern, nehmen wir zunächst an, daß S keine (-2) -Kurven enthält, daß also $S = S_{kan}$ ist. Dann genügt es (auf Grund der Adjunktionsformel), um (2) zu zeigen, einzusehen daß

$$(3) \quad B.(C-B) \geq 2$$

gilt, d.h. daß die Kurve B die residuale Kurve $C - B$ in mindestens zwei Punkten (richtig gezählt) schneidet. Wenn dies für alle Kurven $B \subset C$ gilt, so nennt man C eine 2-*zusammenhängende* Kurve. Es ist wohlbekannt und eine einfache Konsequenz des algebraischen Indexsatzes, daß auf S jede Kurve $C \in |(k-2)K_S|$ 2-zusammenhängend ist.

Betrachtet man Kurven auf der singulären Fläche $K_{S_{kan}}$, so ist (3) zu ersetzen durch die Beziehung

$$(4) \qquad \deg(K_{C|B}) - \deg \omega_B \geq 2,$$

wobei ω_B die dualisierende Garbe auf B ist. In diesem Fall spricht man von *numerisch 2-zusammenhängend.* Analog kann man den Begriff numerisch m-zusammenhängend definieren.

Schritt 4: Es bleibt zu zeigen, daß jede Kurve $C \in |(k-2)K_{S_{kan}}|$ numerisch 2-zusammenhängend ist. Dies folgt aus der entsprechenden Aussage auf S und dem

Lemma 5 *Es sei X eine Fläche mit rationalen Doppelpunkten und $\pi : \tilde{X} \to X$ die minimale Auflösung. Ist $C \subset X$ ein effektiver Cartierdivisor und $C^* = \pi^* C$ das totale Urbild von C, so gilt: Ist C^* numerisch m-zusammenhängend, dann auch C.*

Beweis. [CFHR, pp. 14, 15]. □

Dies beendet den Beweis von Theorem 3.

Literatur

[BPV] W. Barth, C. Peters and A. Van de Ven "*Compact complex surfaces*", Springer (1984).

[Bo] E. Bombieri, "*Canonical models of surfaces of general type*", Publ. Math. IHES **42** (1973), 171–219.

[CF] F. Catanese and M. Franciosi, "*Divisors of small genus on algebraic surfaces and projective embeddings*", Proceedings of the conference "Hirzebruch 65", Tel Aviv 1993, Contemp. Math., A.M.S. (1994), subseries 'Israel Mathematical Conference Proceedings' Vol. **9**, (1996) 109–140.

[CFHR] F. Catanese, M. Franciosi, K. Hulek, M. Reid, "*Embeddings of curves and surfaces*" Preprint 32 pp.

[Ek] T. Ekedahl, "*Canonical models of surfaces of general type in positive characteristic*", Publ. Math. IHES **67** (1988), 97–144.

[Ha] R. Hartshorne, "*Algebraic Geometry*", Springer (1977).

[Rei] I. Reider, "*Vector bundles of rank 2 and linear systems on algebraic surfaces*", Ann. of Math. **127**(1988), 309–316.

[Se1] J-P. Serre, "*Faisceaux algébriques cohérents*", Ann. of Math. **61** (1955), 197–278.

[S-B] N. I. Shepherd-Barron, "*Unstable vector bundles and linear systems on surfaces in characteristic p*", Invent. Math. **106** (1991), 243–262.

Klaus Hulek,
Institut für Mathematik, Univ. Hannover,
Postfach 6009, D–30060 Hannover (Germany)
E-mail address: hulek@math.uni-hannover.de

PETER ROQUETTE, Heidelberg

Zur Geschichte der Zahlentheorie in den dreißiger Jahren

Die Entstehung der Riemannschen Vermutung für Kurven und ihres Beweises im elliptischen Fall

30.4.1997

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort

Dieser Artikel ist die Ausarbeitung eines Vortrages, den ich am 14. Juni 1996 vor der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten habe, während eines Symposiums aus Anlaß der Verleihung der Gauß-Medaille an GERHARD FREY.

Der Artikel ist historischer Natur. Er ist zu verstehen als Teil eines Projekts, das sich zum Ziel gesetzt hat, die Wirkung der Arbeiten von Helmut Hasse auf die Entwicklung der Mathematik unseres Jahrhnderts zu beschreiben. Und zwar handelt es sich bei diesem Artikel um einen vorläufigen, noch unvollständigen Bericht über denjenigen Teil der Hasseschen Arbeiten, der sich mit der arithmetisch-algebraischen Theorie der Funktionenkörper beschäftigt; in der heutigen Terminologie ist das die arithmetische Geometrie von Kurven.

Ich berichte über die Entstehung der Riemannschen Vermutung für Funktionenkörper, oder – was damit gleichbedeutend ist – für Kurven, sowie über den ersten Beweis im elliptischen Fall. Dies geschah in den dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts, und die Entwicklung wurde entscheidend bestimmt durch die Person von HELMUT HASSE, und zwar wesentlich auf Anregung von HAROLD DAVENPORT und bis zu einem gewissen Grade auch durch L.J.MORDELL.

Dieser Bericht ist *vorläufig* deshalb, weil wir noch nicht alle relevanten Quellen sichten und berücksichtigen konnten. *Unvollständig* ist er, weil eine Reihe von wichtigen, mit dem Thema zusammenhängenden Gesichtspunkten noch nicht mit aufgenommen wurden: z.Bsp. der Zusammenhang mit den Exponentialsummen und Charaktersummen; die weiteren Arbeiten von Schülern und Mitarbeitern Hasses, insbesondere von Deuring; sowie die Arbeiten Hasses zur Zetafunktion von Kurven über Zahlkörpern; u.a.m. Diese Lücken sollen bei späterer Gelegenheit ausgefüllt werden.

Die *arithmetische Geometrie* — auch *diophantische Geometrie* genannt — hat in diesem Jahrhundert eine stürmische Entwicklung erfahren und dominiert heute einen wesentlichen Teil der mathematischen Forschung. Es handelt sich nicht nur um eine mathematische Forschungsrichtung unter vielen anderen, sondern um mehr: um den Versuch, die Hauptgebiete der Mathematik: Arithmetik, Geometrie, Analysis, Algebra, unter einheitlichen Gesichtspunkten zu verstehen. Indem die Methoden und Ergebnisse verschiedener Gebiete zusammengeführt werden, ergeben sich Möglichkeiten zur Behandlung tiefliegender Probleme, die bislang als nicht angreifbar galten und manchmal noch nicht einmal adäquat formuliert werden konnten. Die Erfolge der arithmetischen Geometrie bei der Lösung klassischer Probleme sind unübersehbar.

Es ist daher wohl nicht uninteressant, auf die Anfänge zurückzugehen und zu sehen, wie die ersten Schritte getan wurden und zu welchen Ergebnissen sie führten. Eine zentrale Rolle spielte dabei der Beweis der Riemannschen Vermutung für elliptische Kurven durch Hasse. Ganz bewußt hatte Hasse bei den Arbeiten dazu nicht nur diesen Beweis im Auge, sondern er strebte eine methodische und inhaltliche Vereinigung zwischen Zahlentheorie und

Funktionentheorie an. Ich zitiere dazu seine eigenen Worte, anläßlich eines Übersichtsvortrages aus dem Jahre 1942:

> *Die Zahlentheorie verdankt der algebraischen Funktionentheorie sowohl eine nach Analogie gebildete eigenartige Methodik, die in den letzten Jahrzehnten zu einer höchst bemerkenswerten Bereicherung und Abrundung der arithmetischen Theorien geführt hat, als auch eine Anzahl von neuen, interessanten Ergebnissen, deren Beweis wesentlich in der algebraischen Funktionentheorie wurzelt.*

Zwar kommt dabei das Wort „Geometrie“ nicht vor, sondern nur „Funktionentheorie“, und zwar „algebraische Funktionentheorie“, womit Hasse wohl die von ihm und F.K.Schmidt entwickelte Theorie der algebraischen Funktionenkörper meinte. Aus geometrischer Sicht handelt es sich dabei um den eindimensionalen Fall, also um den Fall von Kurven. Es ist bemerkenswert, daß Hasse diesen Übersichtsvortrag im Rom hielt, mit dem erklärten Ziel, die italienischen Geometer für diese „algebraische Funktionentheorie“ zu interessieren, um damit schließlich auch den höherdimensionalen Fall mit einschließen zu können.

In der Tat: das sind die Anfänge der arithmetischen Geometrie.

Im Hinblick auf das allgemeine Interesse, das der arithmetischen Geometrie entgegengebracht wird, scheint es mir nicht unangebracht, schon heute diesen vorläufigen Zwischenbericht, wenn auch unvollständig, der Öffentlichkeit zu übergeben.

2 Die Personen

Ich beginne damit, die drei beteiligten Hauptpersonen kurz vorzustellen:

2.1 Louis Joel Mordell 1888–1972

Sein Arbeitsgebiet war Zahlentheorie. Er beschäftigte sich insbesondere mit diophantischen Gleichungen.

Mordell wurde in den USA geboren und kam mit 19 Jahren mit einem Stipendium nach Cambridge, England. Sein mathematisches Hauptinteresse wandte sich der Zahlentheorie zu, insbesondere der Theorie der diophantischen Gleichungen, darunter bereits damals die Gleichung $y^2 = x^3 + k$, die er im Laufe seines Lebens immer wieder von verschiedenen Aspekten aus eingehend studiert hat, sodaß sie heute als „Mordells Gleichung“ benannt wird (obgleich sie schon viel früher behandelt worden war.) In Cambridge gab es damals jedoch nicht viel Interesse für solche Probleme, und Mordell hat sich stets als „self-taught“ angesehen, hat also für sich keinen akademischen Lehrer anerkannt.

1920 wurde er als Lecturer an das Manchester College of Technology berufen, 1922 als Reader an die Universität von Manchester, 1923 als Professor.

1922 erschien seine Arbeit über die Endlichkeit einer Basis für die Punkte einer elliptischen Kurve, welche über dem rationalen Zahlkörper $\mathbb{Q}$ definiert ist. Dadurch wurde er mit einem Schlage weltbekannt. Sein Satz wurde kurze Zeit später von André Weil auf abelsche Varietäten über einem beliebigen algebraischen Zahlkörper endlichen Grades verallgemeinert; seitdem spricht man von dem „Satz von Mordell-Weil“. Auch die berühmt gewordene „Mordellsche Vermutung“ findet sich in dieser Arbeit; sie war lange Zeit ungelöst bis sie 1983 von Faltings bewiesen wurde.

In seiner Biographie wird er charakterisiert als „*problem solver, not a system builder*“. In der Tat hatte er sich ein schier unerschöpfliches Wissen über die Lösung spezieller diophantischer Probleme angeeignet, und sein Buch ist eine Fundgrube für interessantes Beispielmaterial. Er hat niemals ein Hehl daraus gemacht, daß er von großen Theorien („high brow“, wie er sie nennt) für sich allein genommen nicht viel hält. Vielleicht wird seine Einstellung zur Mathematik am besten durch seine eigenen Worte beschrieben:

> *It is well known what an important part has been played by problems, even of the simplest character, in furthering research, discovery and the advancement of mathematics... The solution of a problem frequently requires new ideas and new methods. The generalization it suggests, its consideration from a different point of view or its rephrasing may lead to a new problem of far greater significance than the original one which may turn out to be only a very special case of a general theorem. Sometimes it seems almost incredible what striking and far-reaching fundamental developments have arisen in directions which seem very remote indeed from the problem from which they arose. Problems are the life blood of mathematics.*

Während seiner Zeit in Manchester baute Mordell dort eine starke zahlentheoretische Schule auf; eine ganze Reihe von später bekannten Mathematikern kam nach Manchester, um bei ihm zu lernen. Einer von ihnen war der junge Harold Davenport.

Mordell blieb in Manchester bis 1945; dann erhielt er, der sich inzwischen ein hohes Ansehen erworben hatte, einen Ruf nach Cambridge als Nachfolger von Hardy. 1953 wurde Mordell emeritiert, blieb jedoch noch lange Zeit danach als Mathematiker sehr aktiv.

2.2 Harold Davenport 1907–1969

Sein Arbeitsgebiet war Zahlentheorie, insbesondere analytische Zahlentheorie.

1924–27 studierte er in Manchester bei Mordell. Dieser bezeichnete ihn später als einen der besten Schüler, den er je hatte. Danach ging er nach Cambridge, wo er 1929 bei Littlewood promovierte. Seine Ph.D. Thesis wird uns im nächsten Abschnitt beschäftigen.

1937 ging er als Assistent Lecturer nach Manchester zurück, wo er in dem Kreis, der sich um Mordell gebildet hatte, mitarbeitete. 1941 wurde er als Professor nach Bangor, North Wales berufen und 1945 an die University of London. Schließlich, 1958, kam er nach Cambridge.

Davenport wird beschrieben als ein hervorragender und engagierter akademischer Lehrer; er hatte viele Schüler, die später als Mathematiker bekannt wurden. Zwei seiner Schüler erhielten die Fields Medaille; diese Auszeichnung wird oft angesehen als Äquivalent eines Nobel-Preises für Mathematik (den es nicht gibt).

In dem Dictionary of Scientific Biography wird Davenport beschrieben als:

> *...natural academic leader...*
> *...most influential mathematician of his time...*

Hier ist ein Zitat über Davenport aus einem Nachruf:

> *Perhaps one can summarize Davenport's work by saying that it was characterized by originality, beauty and power, qualities which are not often found in the same person...He had all the mathematical virtues one would like to have. Whatever he did, he did exceedingly well, probably because he had a very logical mind and so made straight for his goal.*

2.3 Helmut Hasse 1898–1979

Sein Arbeitsgebiet war Zahlentheorie, insbesondere algebraische Zahlentheorie.

Hasse begann sein Studium im Jahre 1918 in Göttingen. Er hörte Vorlesungen u.a. bei Erich Hecke über komplexe Multiplikation. Als Hecke 1920 Göttingen verließ, beschloß Hasse, nach Marburg zu wechseln, weil ihn die p-adischen Zahlen zu interessieren begannen. Deren Entdecker, Kurt Hensel, lehrte in Marburg. In Hasses Dissertation und weiter in seiner Habilitationsschrift (1921/22) formulierte er im Rahmen der quadratischen Formen das fundamentale „Lokal-Global-Prinzip", das sich heute für einen großen Teil der Zahlentheorie als eine Richtschnur für die Forschung durchgesetzt hat.

1922 ging Hasse als Privatdozent nach Kiel; 1925 Professor in Halle, 1930 Nachfolger von Hensel in Marburg, 1934 Berufung nach Göttingen. In der Nachkriegszeit ging Hasse zunächst nach Berlin und nahm 1950 einen Ruf an die Universität Hamburg an.

Die Hasseschen Arbeiten umfassen neben dem Lokal-Global-Prinzip u.a. die folgenden Themengebiete: Explizite Reziprozitätsgesetze – Normenrestsymbol – Aufbau der Klassenkörpertheorie – Arithmetik der Algebren, lokal und global – Struktur der Brauergruppe – Komplexe Multiplikation – Abelsche Zahlkörper – Einbettungsprobleme.

Ab 1930 kam die Theorie der algebraischen Funktionenkörper hinzu; von dieser Periode handelt der vorliegende Artikel.

Hasse galt als ein Vertreter der „abstrakten" oder „algebraischen" Sichtweise; vielleicht sollte man dafür heute lieber „strukturell" sagen. Er stand damit voll hinter den Bestrebungen von Emmy Noether zur Algebraisierung weiter Teile der Mathematik, und er hat sich immer wieder auf den Noetherschen Ideenkreis bezogen. Andererseits hat er genauso prononciert auch auf die Notwendigkeit der „*expliziten Beherrschung*" des mathematischen Gegenstandes hingewiesen, bis hin zur Durchführung numerischer Beispiele und Experimente.

Man kann sagen, daß Hasse einer derjenigen war, der das Gesicht der Zahlentheorie, so wie wir sie heute sehen, entscheidend geprägt hat. In einer Biographie heißt es über ihn:

> *One of the most important mathematicians of the 20th century...his contributions permeate modern number theory...his books confirm Hasse's reputation as a writer who could be counted on to present the most difficult subjects in great clarity...in teaching, the long list of his students and their description of his inspiring lectures give ample testimony to his excellence.*

3 Der Anfang

Am 25.11.1930 schrieb Hasse, der sich gerade in Marburg eingerichtet hatte, einen Brief an Mordell. Offenbar hatten die beiden bereits vorher wissenschaftlichen Kontakt gehabt; ich habe aber noch nicht feststellen können, wann sie sich zum ersten Mal getroffen hatten. Am Schluß des Briefes heißt es:

> *...It would be better, and easier for me too, to write this letter in German. But I am happy to have got an opportunity for practice my knowledge in English. You may be interested to hear that I have continued my zealous studies in your language this summer...*

Und Hasse fährt fort, offensichtlich in etwas holperigem Englisch:

> *In order to have further occasion for applying and enriching my knowledges I would much like to get a young English fellow at home. It would be very kind of you, if you could send me one of your students during next summer term (April-July). We would invite that student to dwell and eat with us. He would be obliged to speak English with us at any time we are together (at breakfast, dinner, tea, lunch etc.)...From my point of view it would be best, if he were student of pure mathematics out of an advanced course of yours...I would much like to hear from you, whether you know a clever and handsome fellow for this purpose.*

Bereits zwei Tage später, am 27.11.30, ist der Antwortbrief von Mordell aus Manchester an Hasse datiert. Darin heißt es:

> *I can suggest the very person you want to go to Marburg. Mr. Harold Davenport, Trinity College, Cambridge. He was formerly one of our students, the best we have had for many years, and he has been in Cambridge for several years. He is doing research, and lately he has proved some such result as* $\sum_{n=0}^{p-1}\left(\frac{n^4+an^2+bn+c}{p}\right) = O(p^{\frac{3}{4}})$ *where the left hand () is the symbol of quadratic reciprocity. I think Hopf in the Zeitschrift a year or two ago showed right hand side* $< \frac{p}{6}$ *!! He is interested in certain aspects of number theory and I believe he would be free to go. I have written to him and asked him to write direct to you...*

Und am 7.12.1930 schrieb Davenport selbst, damals in Trinity College, an Hasse:

> *Dear Prof. Hasse,*
>
> *Prof. Mordell has told me of your letter to him, in which you say that you would like to know of an advanced English student of pure mathematics, whom you could invite to Marburg next summer term. May I offer you my services?*
>
> *I used to be a student of Mordell's at Manchester, but for the last three years I have been studying here. I am particularly interested in the analytical theory of numbers – Gitterpunktprobleme,*

ζ-function, etc. Are you interested in these subjects, or is there anyone else at Marburg who is? So far I have only written two short papers, which will appear soon in the Journal of the London Mathematical Society; one on the distribution of quadratic residues (mod p), *the other on Dirichlet's L-functions.*

I am 23 years old, and not at all 'handsome' (as you required in your letter). Also I do not swim or drink beer – and I understand that these are the principal recreations in Germany...

Offensichtlich hat sich Hasse durch die von Davenport zuletzt genannten Defizite nicht beeindrucken lassen. Davenport hielt sich tatsächlich im Sommer 1931 im Hause Hasse in Marburg auf. Es begann eine langjährige Freundschaft zwischen der Familie Hasse und dem jüngeren Davenport. Sicherlich wirkte sich dies auf die Englischkenntnisse von Hasse aus, gleichzeitig aber weckte Davenport in ihm ein besonderes Interesse, das Hasse sein Leben lang bewahrte, für die englische Geschichte, für englische Literatur und überhaupt für alles charakteristisch Englische. Andererseits profitierte auch Davenport von diesem Kontakt; er sprach später fließend deutsch, was er offenbar durch den Deutsch-Unterricht von Frau „Clärle“ Hasse gelernt hatte.

Die Freundschaft zwischen Hasse und Davenport hatte darüberhinaus einen bemerkenswerten Einfluß auf das Schaffen Hasses in den nächsten Jahren – womit eine eindrucksvolle Entwicklung in der Mathematik eingeleitet wurde, die bis heute nachwirkt. Denn Davenport gelang es, Hasses Interesse auf das von ihm behandelte Problem über diophantische Kongruenzen zu lenken, bei dem er (Davenport) zwar imponierende Fortschritte erzielt, es aber nicht vermocht hatte, bis zu dem erwarteten endgültigen Resultat vorzudringen.

Darüber will ich in diesem Artikel berichten.

4 Das Problem

Das in Rede stehende zahlentheoretische Problem bezieht sich auf *diophantische Kongruenzen*.

Eine diophantische Kongruenz z.Bsp. in zwei Variablen wird gegeben durch ein Polymnom $f(x,y)$ mit ganzzahligen Koeffizienten, sowie durch eine Primzahl p, den „Modul“ der Kongruenz. Gesucht werden die ganzzahligen Lösungen $a,b \in \mathbb{Z}$ der Kongruenz

$$f(x,y) \equiv 0 \mod p\,, \tag{1}$$

d.h. also, die Zahl $f(a,b)$ soll durch p teilbar sein. Allgemein nennt man zwei ganze Zahlen u und v *kongruent modulo* p, wenn sie durch p geteilt denselben Rest ergeben; man schreibt dann $u \equiv v \mod p$. [1]

Die Theorie der diophantischen Kongruenzen und Gleichungen bildet einen wichtigen Teil der Zahlentheorie dieses und des vergangenen Jahrhunderts.

Es entsteht die Frage, ob es zu gegebenem Polynom $f(x,y)$ überhaupt Lösungen der diophantischen Kongruenz (1) gibt, und dann die Frage nach der Anzahl N dieser Lösungen. Gemäß der Problemstellung wird dabei zwischen Lösungen, welche modulo p kongruent sind, nicht unterschieden.

Im allgemeinen wird es nicht möglich sein, für die gesuchte Lösungsanzahl N eine einfache Formel zu finden. Dessenungeachtet interessiert man sich für das *Wachstum* der Zahl N für $p \to \infty$, bei gegebenem Polynom $f(x,y)$. Wie schnell (wenn überhaupt) wächst N bei wachsendem p?

Wir setzen im folgenden stets voraus, daß $f(x,y)$ *absolut irreduzibel* ist, also nicht in ein Produkt von Polynomen kleineren Grades zerfällt – und zwar auch dann nicht, wenn man als Koeffizienten der Polynomfaktoren nicht nur ganze Zahlen, sondern auch beliebige reelle oder komplexe Zahlen zuläßt.

Diese Voraussetzung ist insbesondere dann erfüllt, wenn $f(x,y)$ von der Form $y^2 - \varphi(x)$ ist, wobei $\varphi(x)$ ein Polynom einer Variablen ohne mehrfache Nullstellen ist. Für Polynome dieser Art handelt es sich also um diophantische Kongruenzen der Form

$$y^2 \equiv \varphi(x) \mod p. \tag{2}$$

In dem Fall, daß $\varphi(x)$ ein Polynom vom Grad ≤ 2 ist, waren die Lösungsanzahlen seit längerer Zeit bekannt. Davenport hatte nun in seiner These Polynome vom Grad 3 und 4 behandelt. Sein Resultat war, daß die Lösungsanzahl N für $p \to \infty$ das folgende Verhalten zeigt:

$$N = p + \mathcal{O}(p^{3/4}) \qquad \text{für} \quad p \to \infty. \tag{3}$$

Dies besagt folgendes: Die Zahl N wächst „ungefähr" so schnell wie p selbst; setzen wir $N = p + R$ so besitzt das Fehlerglied R die Abschätzung $|R| \leq C \cdot p^{3/4}$, wobei C eine nicht näher angegebene Konstante bedeutet, die also nicht von p abhängt. Die letztere Abschätzung wird in der Mathematik auch in der Form $R = \mathcal{O}(p^{3/4})$ geschrieben, nämlich dann, wenn es auf die genaue Bestimmung der Konstante C nicht ankommt. (Das ist die sog. $\mathcal{O}$-Notation, die von Landau eingeführt wurde.)

Wichtig an der Aussage (3) ist es, daß die Primzahl p, die im Hauptglied mit dem Exponenten 1 vorkommt, im Fehlerglied mit einem kleineren

[1] Untersucht man statt der Kongruenz (1) die Gleichung $f(x,y) = 0$ und sucht nach den ganzzahligen Lösungen, so spricht man von einer *diophantischen Gleichung*. Das Beiwort „diophantisch" deutet darauf hin, daß nur *ganzzahlige* Lösungen gesucht werden. Verzichtet man auf diese Ganzzahligkeit, so bilden die Lösungen eine *algebraische Kurve*. Die Lösung einer diophantischen Gleichung in zwei Variablen bedeutet also die Bestimmung ganzzahliger Punkte auf einer algebraischen Kurve.

Exponenten erscheint, nämlich 3/4. Demnach überwiegt das Hauptglied bei weitem das Fehlerglied, wenn p groß ist. Insbesondere sehen wir, daß $N > 0$ für große p, d.h. für große p gibt es stets mindestens eine Lösung der diophantischen Kongruenz (2).

Man kann annehmen, daß Davenport über diese seine Resultate berichtete, als er bei seinem ersten Besuch in Marburg von Hasse über seine mathematischen Arbeiten befragt wurde. [2] Schließlich handelte es sich um die Erstlingsarbeiten von Davenport, und er konnte mit Recht stolz auf seine Ergebnisse sein, die andere Mathematiker, darunter auch Mordell, lange Zeit gesucht hatten. Er hatte dabei einen besonderen Trick benutzt, der später von seinem Biographen als „genial" bezeichnet wurde, nämlich die sog. „Momentenmethode".

Wir können aber gleichermaßen annehmen, daß Hasse von dieser Art, Mathematik zu betreiben, nicht sehr angetan war. Das bedeutet nicht etwa, daß er die Leistung von Davenport nicht anerkennen wollte. Im Gegenteil, aus den Briefen Hasses an Davenport ist zu entnehmen, daß er einen hohen Respekt vor der mathematischen Leistung Davenports besaß, und auch von dessen Urteilsfähigkeit; es ist bemerkenswert, daß Hasse dem neun Jahre jüngeren Kollegen regelmäßig über seine eigenen Fortschritte in der Forschung berichtete und dessen Meinung dazu einholte. Womit Hasse offenbar nicht zufrieden war, das war der *Ansatz* von Davenport zur Lösung des Problems, und die *mathematische Denkweise*, die sich darin widerspiegelt.

Davenport kam aus der Schule von Littlewood. Er bezeichnete sein Interessengebiet als „analytische Zahlentheorie"; das ist derjenige Teil der Zahlentheorie, bei dem die Methoden und Ergebnisse der reellen oder komplexen Analysis zum Einsatz gebracht werden. Zwar gibt es in der Davenportschen These keine direkte Anwendung von tiefgehenden analytischen Resultaten, aber die ganze Betrachtungsweise entstammt dem Arsenal des analytischen Zahlentheoretikers, so z.Bsp. die Manipulation und Abschätzung von Rechenausdrücken. Im Gegensatz dazu sprach sich Hasse dafür aus, die Methoden der *strukturellen Algebra* in der Zahlentheorie einzusetzen. Hasse vertrat damit, ganz im Sinne von Emmy Noether, die strukturelle Auffassung der Mathematik. Heute hat sich diese Auffassung weitgehend etabliert, damals galt sie als neu und „modern", wie es ja auch im Titel des damals erschienenen Lehrbuches „*Moderne Algebra*" von van der Waerden zum Ausdruck kam.

Die meisten algebraischen Formeln der Zahlentheorie, so hat es uns Hasse gelehrt, finden ihre Interpretation im Rahmen der einschlägigen Strukturen. Und das Hassesche Gesamtwerk ist ein großartiges Zeugnis von dem Erfolg

[2] Genau genommen behandelte Davenport nicht direkt das Problem der diophantischen Kongruenz (2), sondern ein anderes Problem, über die Verteilung von quadratischen Resten modulo p. Für den Fachmann (einschl. Davenport) war es jedoch klar, daß jenes andere Problem auf das hier vorgestellte Problem über diophantische Kongruenzen zurückläuft.

dieser Auffassung.

Solche grundlegenden Unterschiede in der mathematischen Sichtweise mögen zutage getreten sein in der Diskussion zwischen Hasse und Davenport, als es über die Weiterarbeit an dem Problem der diophantischen Kongruenzen ging. So großartig nämlich das Davenportsche Ergebnis auch zu bewerten war, es war doch nur als ein Teilerfolg anzusehen angesichts der noch ausstehenden vollständigen Lösung des Problems der diophantischen Kongruenzen. Und zwar:

Erstens war es notwendig, die Frage nach der Güte des Fehlergliedes in seiner Größenordnung $p^{3/4}$ zu klären. Man vermutete bereits damals aus heuristischen Gründen, daß die Fehlerglied-Abschätzung noch wesentlich verbessert werden könne, nämlich von $p^{3/4}$ auf $p^{1/2}$ (der Exponent $1/2$ ist das beste was allgemein erwartet werden kann). Die optimale Fehlerglied-Abschätzung ist von großer Bedeutung in einer Reihe von Anwendungen, und das Ergebnis von Davenport konnte lediglich als ein Schritt in diese Richtung gewertet werden, nicht als das Endresultat.

Zweitens sollte dies alles nicht nur für die von Davenport behandelten Polynome gelten, sondern für ein *beliebiges* Polynom $f(x,y)$ (das nach unserer Generalvoraussetzung als absolut irreduzibel vorauszusetzen ist). Der von Davenport behandelte Fall einer Kongruenz der Form (2) mit einem Polynom $\varphi(x)$ vom Grad 3 oder 4 erscheint in diesem Zusammenhang als der „elliptische" Spezialfall; so genannt, weil die durch $y^2 = \varphi(x)$ gegebene Kurve dann eine elliptische Kurve ist.

Es gab bereits eine Reihe von Vorarbeiten in der angegebenen Richtung, meist von Mordell. In einem Brief von Mordell an Hasse aus dem Jahre 1931 findet sich die folgende Aufstellung der damals bekannten Resultate. Es handelt sich um diophantische Kongruenzen der Form

$$y^k \equiv \varphi_n(x) \mod p \tag{4}$$

wobei n den Grad des Polynoms $\varphi(x)$ bedeutet. Die von Mordell an Hasse gesandte Liste der bekannten Resultate sah wie folgt aus; dabei bedeutet θ jeweils den erreichten Exponenten von p in der Abschätzung des Fehlergliedes:

$$N = p + \mathcal{O}(p^\theta)\,. \tag{5}$$

k:	2	2	4	≥ 2	3
n:	4	6	4	3	3
θ:	2/3	7/8	5/6	3/4	1/2

Hier steht in der vorletzten Spalte das Davenportsche Ergebnis für $n = 3$. Und zwar nicht nur für $k = 2$, wie oben besprochen, sondern für beliebiges

$k \geq 2$; das hatte Davenport inzwischen in einer weiteren Arbeit mit wesentlich denselben Methoden geleistet, und übrigens auch Mordell selbst, nachdem er die Davenportsche Thesis gelesen hatte. Das Davenportsche Ergebnis für $k = 2$, $n = 4$ ist hier nicht mehr aufgelistet, da es durch das Mordellsche Ergebnis in der ersten Spalte mit dem Exponenten 2/3 (statt des Davenportschen 3/4) bereits überholt war. Bemerkenswert ist auch, daß in der letzten Spalte schon der bestmögliche Exponent 1/2 auftaucht; das geht ebenfalls auf Mordell zurück.

Wir können uns vorstellen, daß Hasse den Standpunkt vertreten hat, diese Resultate seien nur zufälliger Art, durch gewisse, wenn auch geniale, Rechentricks zustande gekommen. Dadurch sei auch erklärlich, daß der erreichte Exponent θ im Fehlerglied in den verschiedenen Fällen so unterschiedlich herausgekommen war, während man doch stets den bestmöglichen Exponenten 1/2 erwartete. Bei der Verfolgung des allgemeinen Problems mit der richtigen Fehlerglied-Abschätzung $p^{1/2}$ müsse man strukturtheoretische Methoden einbringen und in den Vordergrund stellen.

Daraufhin mag Davenport zum Ausdruck gebracht haben, daß er von jenen Methoden als solchen nicht viel halte, schließlich seien nicht die Methoden, sondern der Erfolg entscheidend, und die bewährten Methoden der analytischen Zahlentheorie seien doch wohl stärker. Und als Hasse ihm immer noch widersprach, forderte er ihn heraus, doch mit seinen angeblich so starken algebraisch-strukturellen Methoden das in Rede stehende Problem zu lösen.

Diese Herausforderung Davenports hat Hasse angenommen. Er fing an, sich mit diesem Problemkreis eingehender zu befassen, und zwar in der Tat sofort unter strukturellen Gesichtspunkten, und sofort auf den bestmöglichen Restgliedexponenten 1/2 zielend.

Die obige hypothetische Diskussion ist nicht aus der Luft gegriffen. Hasse selbst pflegte uns die Situation in ähnlicher Weise zu schildern, wenn er – befragt – über seine ersten Beweisschritte in Richtung der Riemannschen Vermutung für Funktionenkörper berichtete. Und auch die Korrespondenz zwischen Hasse und Davenport zeigt ein ähnliches Bild.

Das Verhältnis zwischen Hasse und Davenport war nicht etwa durch Rivalität geprägt, wobei der eine dem anderen den wissenschaftlichen Ruhm ablaufen wollte. Zwischen ihnen entwickelte sich, wie aus den Berichten und auch aus der Korrespondenz zu entnemen ist, eine echte und herzliche Freundschaft – bis in die späten dreißiger Jahre hinein.

Mathematisch gesehen herrschte eine freundschaftliche und anregende Konkurrenz, wobei jeder auf seiner Eigenart bestand und den anderen in freundschaftlicher Weise herausforderte.

Zwar kam es einmal zu einer gemeinsamen Publikation von Hasse mit Davenport (ich werde später darauf zurückkommen), jedoch muß gesagt werden, daß sich die Freundschaft zwischen Hasse und Davenport nicht deshalb so fruchtbar auswirkte, weil beide mathematisch gut kooperieren konnten, sondern weil sie es eben nicht konnten, und sich jeder durch den anderen herausgefordert fühlte.

In späteren Jahren hat sich Davenport dahingehend geäußert, daß er zwar durch die Begegnung mit Hasse viel gelernt habe, daß er aber noch viel mehr hätte lernen können, wenn er damals nicht so „pig-headed" gewesen wäre, was vielleicht am besten mit „sturköpfig" übersetzt werden kann. Wie mir scheint, war es aber gerade diese seine „Sturköpfigkeit", verbunden mit der Hasses, welche sich so fruchtbar ausgewirkt hat. Und der Ausdruck „sturköpfig" ist wohl auch nicht angemessen. Es handelt sich vielmehr um das Beharren auf der persönlichen Eigenart in der Auffassung von der Relevanz mathematischer Methoden und Konstruktionen.

Ich fasse zusammen:

- *Die Anregung zur Beschäftigung mit diophantischen Kongruenzen erhielt Hasse durch Davenport.*
- *Die Freundschaft zwischen Hasse und Davenport wirkte sich nicht deshalb so fruchtbar aus, weil beide gut kooperieren konnten, sondern weil beide verschiedene Ansichten über die Art und Weise, Mathematik zu treiben, hatten und damit jeder den anderen zu besonderer Leistung herausforderte.*
- *Hasse vertrat den Standpunkt, daß zur Untersuchung der diophantischen Kongruenzen die (damals modernen) algebraisch-strukturellen Begriffe und Methoden herangezogen werden sollten. Damit könne als Ziel von vorneherein die Fehlerglied-Abschätzung mit dem bestmöglichen Exponenten* $1/2$ *anvisiert werden. Man solle sich nicht mit schwächeren Abschätzungen zufrieden geben.*

5 Hasses Beiträge

Ich beginne nun damit, die Beiträge Hasses zum genannten Problem über diophantische Kongruenzen im einzelnen genauer zu beschreiben. Sie lassen sich grob unter die folgenden Punkte subsumieren:

(i) Verallgemeinerung des Problems, indem statt des Primkörpers $\mathbb{Z}$ (modulo p) auch ein beliebiger endlicher Körper K der Charakteristik p zugelassen wird.

(ii) Feststellung, daß dieses Problem, bezogen auf den bestmöglichen Fehlerglied-Exponenten $1/2$, gleichbedeutend ist mit der sog. „Riemannschen Vermutung für Funktionenkörper".

(iii) Beweis dieser „Riemannschen Vermutung“ für elliptische Funktionenkörper; dies schließt insbesondere den von Davenport behandelten Fall ein (für $k = 2, 3, n = 3$), aber jetzt mit dem bestmöglichen Fehlerglied-Exponenten $1/2$.

(iv) Entwicklung eines Projekts, das den Beweis der Riemannschen Vermutung für beliebige Funktionenkörper zum Ziele hat. Durchführung in Spezialfällen.

Die Punkte **(ii)** – **(iv)** werden in den nächsten Abschnitten besprochen; hier erläutern wir zunächst Punkt **(i)**:

Seit Gauß ist bekannt, daß mit Kongruenzen modulo einer Primzahl p algebraisch genauso gerechnet werden kann wie mit Gleichungen: die vier Rechenoperationen der Addition, Subtraktion, Multiplikation und auch der Division stehen wie üblich zur Verfügung. Die moderne, axiomatisch fundierte Algebra hat für diesen Sachverhalt den Begriff des *Körpers* geprägt. Also: Durch die Kongruenzrechnung mit ganzen Zahlen modulo p wird ein Körper geschaffen; dieser heißt der *Primkörper* zu p und wird mit $\mathbb{Z}/p$ bezeichnet. Wenn man die Koeffizienten des gegebenen Polynoms $f(x,y)$ modulo p reduziert, also als Elemente dieses Körpers auffaßt, so erscheint das Problem der diophantischen Kongruenz modulo p nunmehr als Problem der Lösung der Gleichung $f(x,y) = 0$ im Körper $\mathbb{Z}/p$. Und zwar interessiert die Anzahl N der Lösungen a, b in $\mathbb{Z}/p$. [3]

Nun kommt die Verallgemeinerung: Statt $\mathbb{Z}/p$ wird jetzt ein beliebiger endlicher Körper K zugrundegelegt. Man kennt die algebraische Struktur dieser Körper vollständig. Bedeutet q die Anzahl der Elemente von K, so ist $q = p^r$ Potenz einer Primzahl p, der sog. *Charakteristik* des Körpers, und K ist durch q eindeutig bestimmt. K enthält den Primkörper $\mathbb{Z}/p$.

Und weiter: Man betrachte jetzt ein beliebiges Polynom $f(x,y)$ zweier Variablen mit Koeffizienten aus dem gegebenen Körper K; es wird wiederum vorausgesetzt, daß $f(x,y)$ absolut irreduzibel ist. Gefragt ist nach der Anzahl $N = N(f)$ der Lösungen a, b in K der Gleichung

$$f(x,y) = 0. \tag{6}$$

Und zwar interessiert das Verhalten von N für $q \to \infty$. Das Problem besteht jetzt darin, nachzuweisen, daß

$$N = q + \mathcal{O}(q^{1/2}). \tag{7}$$

[3] Weil $f(x,y)$ als absolut irreduzibel vorausgesetzt war, so ist auch das reduzierte Polynom $f(x,y)$ modulo p absolut irreduzibel über $\mathbb{Z}/p$ – jedenfalls für alle hinreichend großen Primzahlen p, und da es hier nur auf den Grenzübergang $p \to \infty$ ankommt, so können endlich viele Ausnahmen außer acht bleiben.

Auf den ersten Blick scheint es, als ob diese Verallgemeinerung des Problems nichts grundsätzlich Neues bringt. Vom „naiven" Standpunkt würde es sich anbieten, zunächst einmal den einfacheren und wesentlichen Fall des Primkörpers $\mathbb{Z}/p$ zu behandeln; erst wenn dieser Fall erledigt ist, sollte man sich dann der Verallgemeinerung zuwenden, vorausgesetzt, es besteht Interesse dafür.

Dieser „naive" Standpunkt war aber nicht der von Hasse: er hatte erkannt, daß sich durch die angegebene Verallgemeinerung ein neuer Weg zur Behandlung des Problems öffnet.

In der Mathematik kommt es nicht selten vor, daß man einen Zugang zur Lösung eines Problems dadurch findet, daß man die Problemstellung gehörig verallgemeinert. Durch eine solche Verallgemeinerung kann der Blick frei werden für die wesentlichen Komponenten des Problems, losgelöst von den evtl. unübersichtlichen Einzelheiten der gegebenen speziellen Situation, für die man sich eigentlich interessiert. Auch kann durch eine solche Verallgemeinerung erreicht werden, daß das Problem in einen größeren Zusammenhang gestellt wird, wodurch die Anwendung von Methoden nahegelegt wird, die sonst vielleicht übersehen worden wären.

Das ist nun auch im vorliegenden Falle so. Neu bei der angegebenen Verallgemeinerung ist es, daß der Grenzübergang $q \to \infty$ jetzt auch anders durchgeführt werden kann: Während der ursprüngliche Grenzübergang $p \to \infty$ besagt, daß immer größer und größer werdende Primkörper $\mathbb{Z}/p$ zu betrachten sind, so kann für $q = p^r$ der Grenzübergang $q \to \infty$ auch so durchgeführt werden, daß bei fester Primzahlcharakteristik p, größer und größer werdende endliche Körper derselben Charakteristik p betrachtet werden.

Genauer: Nehmen wir an, die Koeffizienten des gegebenen Polynoms $f(x, y)$ gehören einem endlichen Körper K_0 an. Man betrachte nun alle endlichen Erweiterungskörper K von K_0; jeweils sei q die Anzahl der Elemente von K. Es bedeute $N = N(q)$ die Anzahl der Lösungen a, b von (6) in K. Wenn dann K alle endlichen Erweiterungskörper von K_0 durchläuft, so läuft $q \to \infty$; dies ist dann ebenfalls ein Grenzübergang im Sinne von (7).

Bei diesem Standpunkt aber, nämlich eine Gleichung der Form (6) über einem gegebenen Grundkörper zu studieren, wobei gleichzeitig auch alle Erweiterungskörper dieses Grundkörpers in Betracht gezogen werden, – bei diesem Standpunkt öffnen sich die Methoden der *algebraischen Geometrie*.

Allerdings: zu der damaligen Zeit war die algebraische Geometrie über beliebigen Grundkörpern noch keineswegs so ausgebaut, wie wir sie heute vorfinden. Zwar wurde schon damals die Entwicklung der algebraischen Geometrie im Rahmen der abstrakten Algebra allgemein als ein dringendes Problem erachtet; einige Ansätze dazu gab es bereits z.Bsp. von Emmy Noether und van der Waerden. Jedoch war man noch weit von einer ausgearbeiteten Theorie entfernt, auf die sich Hasse hätte stützen können.

In der Tat: Hasse mußte sich zu seinem Beweis die relevanten Sätze und Methoden der algebraischen Kurventheorie erst selbst erarbeiten.

Es bedurfte einer großen intuitiven Eingebung, sich in dieser Situation, in der die algebraische Geometrie noch nicht in der erforderlichen Allgemeinheit zur Verfügung stand, auf diesen Ansatz einzulassen. Wie aus dem Briefwechsel von Hasse mit Davenport eindeutig zu entnehmen ist, vertraute Hasse fest auf die Kraft der „algebraischen Methode".

Die Erfolge von Hasse und seinem Kreis bei der Verfolgung dieser „algebraischen Methode" lieferten andererseits einen kräftigen Impuls für die allgemeine Weiterentwicklung der algebraischen Geometrie über beliebigen Körpern.

Allerdings lehnen sich die Hasseschen Begriffsbildungen und Beweise nicht direkt an die algebraische Geometrie an; sie entstammen vielmehr der körpertheoretischen Denkweise und dem Vokabular aus der algebraischen Zahlentheorie, wo algebraische Zahlkörper untersucht werden. Demgemäß werden bei Hasse nicht Kurven betrachtet, sondern „Funktionenkörper". In der Hasseschen Terminologie bedeutet „Funktionenkörper" immer „Funktionenkörper einer Variablen über einem gegebenen Grundkörper K". Solch ein Funktionenkörper $F|K$ wird erzeugt in der Form

$$F = K(x, y) \qquad \text{mit} \quad f(x, y) = 0 \tag{8}$$

wobei $f(x,y)$ ein absolut irreduzibles Polynom mit Koeffizienten aus K ist. Umgekehrt führt jedes absolut irreduzible Polynom mit Koeffizienten aus K vermöge (8) zu einem Funktionenkörper $F|K$. In diesem Sinne sehen wir es heute als gleichbedeutend an, ob man von Kurven oder von Funktionenkörpern spricht.

Für Hasse aber war das keineswegs gleichgültig. Er bevorzugte ganz klar die Sprache der Funktionenkörper und stellt sich damit auf den „birational invarianten" Standpunkt. Dadurch gewinnt seine Theorie an Klarheit, Prägnanz und Schönheit.

Zusammenfassung:

- *Hasse interpretiert das Problem der diophantischen Kongruenzen als ein Problem von rationalen Punkten einer Kurve über dem Primkörper der Charakteristik p.*
- *Er verallgemeinert die Aufgabe, indem statt des Primkörpers ein beliebiger endlicher Körper K als Grundkörper zugelassen wird. Durch diese Verallgemeinerung wird es möglich, die Begriffsbildungen und Sätze der algebraischen Geometrie heranzuziehen.*
- *Zu der damaligen Zeit war jedoch die algebraische Geometrie über beliebigen Grundkörpern noch nicht entwickelt. Hasse mußte die einschlägi-*

gen Sätze der Kurventheorie erst selbst entwickeln; er konnte sich nicht auf existierende Literatur berufen.

- *Hasse bevorzugte den birational invarianten Standpunkt; er sprach demgemäß nicht von Kurven, sondern von algebraischen Funktionenkörpern (einer Variablen). Das ermöglichte es ihm, die Analogie zu algebraischen Zahlkörpern als Richtschnur der von ihm zu entwickelnden Theorie auszunutzen.*

6 Die Zetafunktion

Manchmal ergibt sich die Lösung eines mathematischen Problems erst dann, wenn es gelingt, das Problem durch geeignete Umformulierung in einen neuen, andersartigen Zusammenhang zu stellen; die damit gefundene neue Betrachtungsweise führt zu Analogien und Begriffsbildungen aus ganz anderen Bereichen, die ohne diese Umformulierung nicht für das ursprüngliche Problem zur Verfügung gestanden hätten. [4]

Eine solche Situation lag bei dem Problem der diophantischen Kongruenzen vor. Helmut Hasse erkannte, daß dies Problem mit der sog. *Riemannschen Vermutung* für die Zetafunktion von Funktionenkörpern gleichbedeutend ist; durch diese Umformulierung wurde die Aufmerksamkeit der Forscher in eine neue Richtung gelenkt.

Ich gebe zunächst einen knappen historischen Rückblick, um die Quellen aufzuzeigen, aus denen Hasse schöpfen konnte.

Die klassische Zetafunktion $\zeta(s)$ war in der berühmten Arbeit von Riemann im Jahre 1859 eingeführt und untersucht worden. Sie ist definiert durch die Formel

$$\zeta(s) = \prod_p \frac{1}{1-\frac{1}{p^s}} = \sum_n \frac{1}{n^s}. \tag{9}$$

Hierbei durchläuft p alle Primzahlen und n alle positiven natürlichen Zahlen. s ist eine komplexe Variable. Das Produkt und die Summe konvergieren für diejenigen s, deren Realteil $\Re(s) > 1$. Riemann stellte jedoch fest, daß es sich, unabhängig von der formelmäßigen Darstellung (9), um eine analytische Funktion auf der gesamten komplexen Zahlenebene handelt; sie ist überall holomorph außer in dem Punkt $s = 1$, wo sie einen Pol erster Ordnung besitzt.

[4] Ein besonders markantes Beispiel dafür ist die *Fermatsche Vermutung*, um die sich viele Generationen von Mathematikern erfolglos bemüht haben, bis es GERHARD FREY gelang, eine Umformulierung im Rahmen der Theorie der elliptischen Kurven herzustellen.

$\zeta(s)$ genügt einer Funktionalgleichung für die Substitution $s \to 1-s$. Diese schreibt sich besonders einfach, wenn man die Funktion

$$\widetilde{\zeta}(s) = \pi^{-s/2}\,\Gamma(s/2)\,\zeta(s) \tag{10}$$

einführt, nämlich

$$\widetilde{\zeta}(1-s) = \widetilde{\zeta}(s)\,.$$

$\zeta(s)$ besitzt unendlich viele Nullstellen. Und zwar einmal die sog. trivialen Nullstellen; das sind die negativen geraden Zahlen $s = -2, -4, -6, \ldots$. Darüberhinaus hat $\zeta(s)$ unendlich viele weitere Nullstellen; das sind gleichzeitig die Nullstellen von $\widetilde{\zeta}(s)$, und diese liegen alle in dem Streifen $0 < \Re(s) < 1$. Riemann beschrieb das Wachstum des Imaginärteils dieser nichttrivialen Nullstellen und zeigte auf, daß und wie sich das im Rahmen der Primzahltheorie interpretieren läßt. Beiläufig erwähnte er dabei, daß es *„sehr wahrscheinlich"* sei, daß alle nichttrivialen Nullstellen auf der Geraden $\Re(s) = 1/2$ liegen. Er sagt dazu: *„Hiervon wäre allerdings ein strenger Beweis zu wünschen..."*. Dies ist seitdem als die *„Riemannsche Vermutung"* bekannt.

Es ist hier nicht der Ort, zu erläutern, daß und weshalb diese Riemannsche Vermutung eine überragende Bedeutung für die zahlentheoretische Forschung besitzt, insbesondere für die Lehre von den Primzahlen. Es sei nur gesagt, daß sie trotz erheblicher Anstrengung von vielen Seiten bis heute noch nicht verifiziert werden konnte; sie gehört zu den großen ungelösten Problemen der modernen Mathematik.

Der Zusammenhang der Zetafunktion mit der Arithmetik ergibt sich durch die Formel (9). Die Tatsache nämlich, daß in (9) das unendliche Produkt mit der unendlichen Reihe übereinstimmt, beruht auf dem sog. *Hauptsatz über die Primzerlegung*, welcher besagt: Jede natürliche Zahl $n > 0$ läßt sich eindeutig als Produkt von Primzahlen darstellen.

Dedekind hat die Riemannsche Zetafunktion verallgemeinert, indem er für jeden endlich-algebraischen Zahlkörper E eine Zetafunktion $\zeta_E(s)$ einführte. Im Ring der ganzalgebraischen Zahlen aus E gilt nämlich der *Hauptsatz über die Primzerlegung der Ideale*; daher führt der folgende Ansatz zum Ziel:

$$\zeta_E(s) = \prod_{\mathfrak{p}} \frac{1}{1 - \frac{1}{\mathcal{N}(\mathfrak{p})^s}} = \sum_{\mathfrak{a}} \frac{1}{\mathcal{N}(\mathfrak{a})^s}\,. \tag{11}$$

Hierbei durchläuft $\mathfrak{p}$ alle Primideale und $\mathfrak{a}$ alle ganzen Ideale $\neq 0$ von E; mit $\mathcal{N}(\mathfrak{a})$ wird die Norm von $\mathfrak{a}$ bezeichnet. Ist $E = \mathbb{Q}$ der rationale Zahlkörper, so ist $\zeta_{\mathbb{Q}}(s) = \zeta(s)$ die klassische Riemannsche Zetafunktion.

Auch für die Dedekindsche Zetafunktion gilt: Es handelt sich um eine auf der ganzen komplexen Zahlenebene analytische Funktion, die überall holomorph ist bis auf die Stelle $s = 1$, an der sie einen Pol erster Ordnung besitzt.

Auch für $\zeta_E(s)$ gibt es eine Funktionalgleichung in Bezug auf die Substitution $s \to 1 - s$; sie wurde 1917 von Hecke formuliert und bewiesen.

Auch $\zeta_E(s)$ besitzt unendlich viele nichttriviale Nullstellen im kritischen Streifen $0 < \Re(s) < 1$. Die *„verallgemeinerte Riemannsche Vermutung"* besagt, daß sämtliche dieser nichttrivialen Nullstellen auf der Geraden $\Re(s) = \frac{1}{2}$ liegen; das ist ebenfalls noch offen, genauso wie die ursprüngliche Vermutung von Riemann.

Der Dekekindsche Ansatz hat sich als sehr fruchtbar erwiesen; in der Dedekindschen Zetafunktion $\zeta_E(s)$ ist fast die gesamte arithmetische Struktur des Zahlkörpers E codiert.

Der Erfolg des Dedekindschen Ansatzes legte es nahe, Zetafunktionen auch für andere mathematische Strukturen zu definieren, welche sich ähnlich wie die Zahlkörper verhalten. Dazu gehören die algebraischen Funktionenkörper F einer Variablen über einem endlichen Grundkörper K.

Dedekind selbst hat mehrfach auf die klassische Analogie zwischen Zahlkörpern und Funktionenkörpern hingewiesen. Schon im Jahre 1857 publizierte er dazu seine Arbeit „Abriß einer Theorie der höheren Kongruenzen..." (allerdings ohne auf Zetafunktionen einzugehen; die Riemannsche Arbeit war zu diesem Zeitpunkt noch nicht erschienen). Der Dedekindsche Ansatz wurde in der Dissertation von Emil Artin (1924) wieder aufgenommen und systematisch weitergeführt, und zwar für *quadratische* Funktionenkörper [5] in voller Analogie zu den quadratischen Zahlkörpern. Artin definierte für quadratische Funktionenkörper eine Zetafunktion in Analogie zu der Dedekindschen Zetafunktion von quadratischen Zahlkörpern. Es gibt auch für diese eine analoge „Riemannsche Vermutung", und Artin konnte sie rechnerisch in vielen Fällen verifizieren.

Die Untersuchungen von Artin bildeten den Anlaß zu einer ganzen Reihe von Arbeiten von F.K.Schmidt in den zwanziger und dreißiger Jahren (ab 1925), die sich zum Ziel setzten, die allgemeine Theorie der algebraischen Funktionenkörper auf eine solide Grundlage zu stellen, in voller Analogie zu den Zahlkörpern. Aus der intensiven Korrespondenz von F.K.Schmidt mit Hasse ist zu entnehmen, daß Hasse an diesen Arbeiten regen Anteil genommen und mit F.K.Schmidt einen engen wissenschaftlichen Kontakt gehalten hat. Man kann sagen, daß Hasse und F.K.Schmidt die Analogie der Zahlkörper mit den Funktionenkörpern voll ausgebaut haben, und daß sie somit die Grundlage der Theorie der heute sogenannten *globalen Körper* gelegt haben, die beide Körpertypen umschließt. [6]

Es sei nun F ein algebraischer Funktionenkörper mit endlichem Konstan-

---

[5] In der Terminologie der algebraischen Geometrie handelt es sich um hyperelliptische Funktionenkörper.

[6] Später (1945) hat E. Artin zusammen mit Whaples die Theorie der globalen Körper auf eine axiomatische Grundlage gestellt, mit Hilfe der Produktformel für Bewertungen.

tenkörper K. Die Definition der F.K.Schmidtschen Zetafunktion für F lautet wie folgt:

$$\zeta_F(s) = \prod_{\mathfrak{p}} \frac{1}{1 - \frac{1}{\mathcal{N}(\mathfrak{p})^s}} = \sum_{\mathfrak{a}} \frac{1}{\mathcal{N}(\mathfrak{a})^s}. \tag{12}$$

Hierbei durchläuft $\mathfrak{p}$ alle Primdivisoren und $\mathfrak{a}$ alle ganzen Divisoren von $F|K$, und $\mathcal{N}(\mathfrak{a})$ bedeutet die Norm des Divisors $\mathfrak{a}$.

Der Begriff des „Primdivisors" eines Funktionenkörpers $F|K$ ist dabei bewertungstheoretisch definiert, in Anlehnung an die berühmte Arbeit von Dedekind-Weber aus dem Jahre 1880, in welcher die analytische Theorie der Riemannschen Flächen auf eine algebraische Grundlage gestellt wurde. Jeder ganze Divisor von $F|K$ ist in eindeutiger Weise als Produkt von Primdivisoren darstellbar; dieser „Hauptsatz" ermöglicht den Ansatz (12).

Produkt und Reihe in (12) konvergieren für $\Re(s) > 1$. Wiederum stellt sich heraus, daß $\zeta_F(s)$ eine auf der ganzen komplexen Zahlenebene analytische Funktion ist.

Obwohl die Definitionen (12) und (11) scheinbar analog sind, so sind sie es doch nicht ganz. Denn in der Definition (12) der F.K.Schmidtschen Zetafunktion werden *sämtliche* Primidivisoren $\mathfrak{p}$, also *sämtliche* Bewertungen des Funktionenkörpers F berücksichtigt. Dagegen erscheinen bei der Definition (11) der Dedekindschen Zetafunktion nur diejenigen Bewertungen des Zahlkörpers, welche den *Primidealen* des Zahlkörpers E entsprechen. Daneben gibt es bekanntlich in einem Zahlkörper noch endlich viele *archimedische* Bewertungen. Um eine volle Analogie der Zetafunktion von Funktionenkörpern mit der von Zahlkörpern zu erhalten, müßte man die Dedekindsche Definition (11) noch erweitern um endlich viele Faktoren, die den archimedischen Bewertungen eines Zahlkörpers entsprechen. Das ist in der Tat möglich, aber ich will im einzelnen hier nicht näher darauf eingehen. Im Falle des rationalen Zahlkörpers, $E = \mathbb{Q}$, gibt es nur eine einzige archimedische Bewertung, und der zugehörige Faktor ist $\pi^{s/2}\,\Gamma(s/2)$; dieser Faktor trat bereits in natürlicher Weise in der Funktionalgleichung (10) auf und führte zur „erweiterten" Zetafunktion $\tilde{\zeta}(s)$.

Die F.K.Schmidtsche Zetafunktion für Funktionenkörper $\zeta_F(s)$ ist demnach als Analogon der „erweiterten" Dedekindschen Zetafunktion $\tilde{\zeta}_E(s)$ für Zahlkörper anzusehen. F.K.Schmidt nimmt damit den natürlichen, birationalen Standpunkt ein, den auch Hasse immer wieder propagiert hat. Insofern unterscheidet sich die F.K.Schmidtsche Zetafunkton noch von der Zetafunktion bei Artin, bei dem einige Primdivisoren, die als „unendlich" galten, nicht in das Produkt (12) aufgenommen wurden. Dementsprechend waren bei Artin noch „triviale" Nullstellen zu berücksichtigen, während die F.K.Schmidtsche Zetafunktion $\zeta_F(s)$ keine trivialen Nullstellen besitzt.

Wie im Falle von Zahlkörpern gibt es auch für die Zetafunktion eines

Funktionenkörpers eine Funktionalgeichung bei der Substitution $s \to 1 - s$. Sie besagt, daß $q^{(g-1)s}\zeta_F(s)$ bei jener Substitution invariant ist:

$$q^{(g-1)s}\zeta_F(s) = q^{(g-1)(1-s)}\zeta_F(1-s) \tag{13}$$

Hierbei bedeutet q, wie üblich, die Anzahl der Elemente des Grundkörpers K. Ferner ist g das *Geschlecht* des Funktionenkörpers F.

Der Begriff des Geschlechts stammt aus der komplexen Analysis der algebraischen Funktionen; das Geschlecht einer kompakten Riemannschen Fläche wird topologisch definiert als die Anzahl der Erzeugenden der Fundamentalgruppe, oder analytisch als die Anzahl der linear unabhängigen holomorphen Diffentiale auf der Fläche. Es ist eine besondere Leistung von F.K.Schmidt, erkannt zu haben, daß es auch eine algebraische Beschreibung des Geschlechts gibt, die dann in der algebraischen Theorie der Funktionenkörper als Definition genommen werden kann. Und zwar wird das Geschlecht algebraisch mit Hilfe des *Riemann-Rochschen Satzes* definiert; dieser wurde von F.K.Schmidt für beliebige algebraische Funktionenkörper (mit vollkommenem Konstantenkörper) formuliert und bewiesen. Der Riemann-Rochsche Satz ist die Quelle der Funktionalgleichung (13).

Die *Riemannsche Vermutung in Funktionenkörpern* besagt nun, daß alle Nullstellen von $\zeta_F(s)$ auf der Geraden $\Re(s) = 1/2$ liegen. Eigentlich müßte man genauer von dem „Analogon zur Riemannschen Vermutung" sprechen, denn Riemann selbst hat Zetafunktionen von Funktionenkörpern überhaupt nicht betrachtet und daher für diese auch nichts vermutet. Der Kürze halber verzichten wir jedoch manchmal auf den Zusatz „Analogon", da sich das von selbst versteht.

Nach der Variablensubstitution $t = q^{-s}$ wird $\zeta_F(s)$ zu einer *rationalen Funktion in der Variablen t*; das hatte F.K.Schmidt als Folge des Riemann-Rochschen Satzes erkannt. Wir bezeichnen die so entstehende rationale Funktion mit $Z_F(t)$; es ist also $Z_F(q^{-s}) = \zeta_F(s)$. Nach F.K.Schmidt besitzt $Z_F(t)$ die folgende Form:

$$Z_F(t) = \frac{L_F(t)}{(1-t)(1-qt)} \tag{14}$$

wobei $L_F(t)$ ein Polynom vom Grad $2g$ ist. Diese Darstellung setzt in Evidenz, daß $Z_F(t)$ die beiden Pole für $t = 1$ und $t = q^{-1}$ besitzt; dies entspricht den Werten $s = 0$ und $s = 1$. [7] Die Nullstellen von $Z_F(t)$ sind nun genau die Nullstellen von $L_F(t)$, und die *Riemannsche Vermutung in Funktionenkörpern* besagt jetzt, daß alle $2g$ Nullstellen des Polynoms $L_F(t)$ den Betrag $q^{-1/2}$ besitzen.

[7] $\zeta_F(s)$ ist eine periodische Funktion mit der Periode $w = 2\pi i/\log q$; daher gehören zu den Polen $s = 0, 1$ noch weitere Pole, die sich daraus durch Verschiebung um ganzzahlige Vielfache von w ergeben.

Wie man aus der Definition leicht herleiten kann, besitzt das Polynom $L_F(t)$ die folgende Form:

$$L_F(t) = 1 + (N - q - 1) \cdot t + \cdots + q^g \cdot t^{2g}\,; \tag{15}$$

hierbei bedeutet $N = N(F)$ die Anzahl der Primdivisoren ersten Grades von F. Wir zerlegen $L_F(t)$ in $2g$ Linearfaktoren:

$$L_F(t) = \prod_{1 \le i \le 2g} (1 - \omega_i t)\,.$$

Die ω_i sind die *reziproken Nullstellen* von $L_F(t)$; die Riemannsche Vermutung für $Z_F(t)$ besagt daher, daß alle ω_i den Betrag $q^{1/2}$ besitzen:

$$|\omega_i| = q^{1/2} \qquad (1 \le i \le 2g)\,. \tag{16}$$

Ist das der Fall, so ergibt sich

$$|N - q - 1| \le 2g \cdot q^{1/2} \tag{17}$$

denn nach (15) ist $N - q - 1 = -\sum_{1 \le i \le 2g} \omega_i$. Es folgt:

$$N = q + \mathcal{O}(q^{1/2})\,. \tag{18}$$

Umgekehrt läßt sich aus (18) die Gültigkeit der Riemannschen Vermutung in Funktionenkörpern ableiten.

Wir nehmen nun an, daß der Funktionenkörper F eine Erzeugung der Form

$$F = K(x,y) \qquad \text{mit} \qquad f(x,y) = 0$$

besitzt, wobei $f(x,y)$ ein absolut irreduzibles Polynom mit Koefizienten aus K ist. Dann haben wir einerseits die eben definierte Zahl $N = N(F)$ der Primdivisoren ersten Grades von F, und andererseits die im Zusammenhang mit (7) definierte Anzahl $N(f)$ der Lösungen a, b in K von $f(x,y) = 0$. Beidemale wurden diese Zahlen mit N bezeichnet; jetzt sollten wir sie aber unterscheiden und schreiben also $N(F)$ und $N(f)$. Es läßt sich nun zeigen, daß $N(F)$ und $N(f)$ von derselben Größenordnung sind; es gilt nämlich

$$|N(F) - N(f)| \le s$$

wobei s eine von q unabhängige Konstante ist; sie berechnet sich aus dem Singularitätsgrad der durch $f(x,y) = 0$ gegebenen Kurve und dem Grad des Polynoms $f(x,y)$.

Folglich sind die durch (7) und (18) gegebenen Aussagen für $N(f)$ und $N(F)$ gleichbedeutend.

Zusammenfassung:

- *In den zwanziger Jahren, ab 1925, entwickelte F.K.Schmidt in mehreren Arbeiten die Theorie der algebraischen Funktionenkörper, in Analogie zur Theorie der algebraischen Zahlkörper. An diesen Arbeiten nahm Hasse regen Anteil und hat sie stark beeinflußt.*

- *Die Motivation dazu ergab sich aus dem Bestreben, die Ergebnisse der Dissertation von E. Artin auf beliebige, nicht notwendig quadratische Funktionenkörper zu erweitern. Man folgte damit der von Dedekind ausgehenden historischen Linie, welche als Desideratum die Behandlung der algebraischen Funktionenkörper in vollständiger Analogie zu den algebraischen Zahlkörpern aufstellte.*

- *Insbesondere wurden durch F.K.Schmidt und Hasse die grundlegenden Eigenschaften der Zetafunktion von algebraischen Funktionenkörpern erarbeitet. Und zwar in voller Analogie zu den Eigenschaften der Dedekindschen Zetafunktion von algebraischen Zahlkörpern. Dedekind seinerseits knüpfte mit seinem Ansatz an die klassische Riemannsche Zetafunktion an.*

- *Aufgrund ihrer Arbeiten war es Hasse und F.K.Schmidt bekannt, daß die Riemannsche Vermutung für die Zetafunktion eines Funktionenkörpers F gleichbedeutend ist mit der Abschätzung* (17) *für die Anzahl der Primidivisoren ersten Grades von F. Ebenfalls war es bekannt, daß* (17) *gleichbedeutend ist mit dem Problem* (7) *über diophantische Kongruenzen, zu dem Hasse durch Davenport angeregt worden war.*

7 Der Beweis

Wir kommen jetzt zu dem Hasseschen Beweis der Riemannschen Vermutung für einen elliptischen Funktionenkörper $F|K$.

In der Hasseschen Terminologie heißt ein Funktionenkörper $F|K$ „elliptisch“, wenn sein Geschlecht $g = 1$ ist, während sich heute mehr die Terminologie so durchgesetzt hat, daß gleichzeitig die Existenz eines Primdivisors ersten Grades verlangt wird, sodaß in der Tat $F|K$ der Funktionenkörper einer elliptischen Kurve ist. Weil nun der Konstantenkörper K endlich ist, so ist diese letztere Bedingung von selbst erfüllt; das hatte schon F.K. Schmidt als Nebenresultat seiner Theorie der Zetafunktionen gezeigt.

Mit den heute vorliegenden Kenntnissen und Begriffsbildungen läßt sich der Hassesche Beweis einfach und übersichtlich darstellen und nimmt nur wenige Zeilen ein. Nämlich wie folgt:

$F|K$ ist der Funktionenkörper einer über K definierten „elliptischen Kurve“ $\mathcal{E}$, worunter man heute eine eindimensionale abelsche Varietät versteht.

Die Primdivisoren vom Grad 1 von $F|K$ entsprechen den K-rationalen Punkten von $\mathcal{E}$.

Es sei M der Ring der Endomorphismen dieser elliptischen Kurve. Die Struktur von M ist bekannt, nämlich von einem der folgenden Typen:

I. *Entweder* ist M eine Ordnung in einem imaginär-quadratischen Zahlkörper.

II. *Oder* M ist eine Maximalordnung in demjenigen Quaternionenschiefkörper über $\mathbb{Q}$, der nur an den Stellen p und ∞ verzweigt ist.

In diesem Zusammenhang wird unter „Ordnung" eine endlich-erzeugte $\mathbb{Z}$-Algebra verstanden, und zwar vom maximalen Rang, d.h. Rang 2 im Falle eines quadratischen Zahlkörpers und Rang 4 im Falle eines Quaternionenschiefkörpers.

Bei beliebigem Grundkörper käme als dritter Typ auch noch der Fall $\mathsf{M} = \mathbb{Z}$ in Frage; dann sagt man „$\mathcal{E}$ besitzt keine komplexe Multiplikation". Dieser Fall tritt bei endlichem Grundkörper nicht auf.

Sei $\mu \in \mathsf{M}$. Als Endomorphismus $\mu\colon \mathcal{E} \to \mathcal{E}$ besitzt μ einen Grad. Wenn μ separabel ist, so ist $\mathrm{Grad}(\mu)$ gleich der Ordnung des Kerns von μ, also gleich der Anzahl der Punkte $P \in \mathcal{E}$ mit $\mu P = 0$.

Wird μ als Element der Ordnung M über $\mathbb{Z}$ betrachtet, so besitzt μ auch eine Norm $\mathcal{N}(\mu)$; falls M nichtkommutativ ist, so ist wie üblich die *reduzierte* Norm gemeint. Norm und Grad eines Endomorphismus $\mu \in \mathsf{M}$ stimmen überein:

$$\mathcal{N}(\mu) = \mu\overline{\mu} = \mathrm{Grad}(\mu)\,.$$

Hierbei bedeutet $\overline{\mu}$ die Konjugierte zu μ. Da μ in jedem der obigen Fälle I. und II. eine *imaginär-quadratische* Zahl ist, so ist $|\overline{\mu}| = |\mu|$, und somit

$$|\mu| = \sqrt{\mathrm{Grad}(\mu)}.$$

Der *Frobenius-Endomorphismus* $\pi : \mathcal{E} \to \mathcal{E}$ über K ist dadurch definiert, daß die Koordinaten eines jeden Punktes $P \in \mathcal{E}$ in die q-te Potenz erhoben werden; dabei bedeutet q, wie üblich, die Elementezahl von K. Der Frobenius-Endomorphismus ist rein inseparabel vom Grad q, und daher nach Obigem

$$|\pi| = \sqrt{q}\,. \tag{19}$$

Aus der Definition von π folgt, daß die K-rationalen Punkte $P \in \mathcal{E}$ durch die Relation $\pi P = P$ gekennzeichnet sind, also durch $(\pi - 1)P = 0$; sie bilden demnach den Kern des Endomorphismus $\pi - 1$. Da $\pi - 1$ separabel ist, so ist die Anzahl N der K-rationalen Punkte gleich dem Grad von $\pi - 1$, also

$$N = \mathcal{N}(\pi - 1) = (\pi - 1)(\overline{\pi} - 1) = \mathcal{N}(\pi) - \mathcal{S}(\pi) + 1$$

wobei $\mathcal{S}(\pi) = \pi + \overline{\pi}$ die Spur von π bedeutet. Weil $\mathcal{N}(\pi) = q$, so folgt $\mathcal{S}(\pi) = -(N - q - 1)$, und somit besitzt das charakteristische Polynom von π die Form:

$$P(t) = (t - \pi)(t - \overline{\pi}) = t^2 + (N - q + 1)t + q\,.$$

Dies ist, weil $g = 1$, gerade das reziproke Polynom zu $L_F(t)$ in (15), d.h.

$$P(t) = t^2 L_F(t^{-1})\,.$$

Die Nullstellen ω_1, ω_2 von $t^2 L_F(t^{-1})$ stimmen also mit den Nullstellen $\pi, \overline{\pi}$ von $P(t)$ überein. Die letzteren besitzen den Betrag $\sqrt{q}$, wie in (19) bemerkt. Also:

$$|\omega_1| = |\omega_2| = \sqrt{q}\,.$$

Das ergibt (16).
□

Zwar gibt es heutzutage „elementare" Beweise in dem Sinne, daß dabei weniger Vorkenntnisse über Endomorphismen elliptischer Kurven benutzt werden. Aber der vorstehende Beweis ist besonders kurz und durchsichtig, und er ist der Situation genau angepaßt. Hinzu kommt, worauf Hasse besonderen Wert gelegt hat, daß nicht nur der absolute Betrag der Nullstellen von $L_F(t)$ bestimmt wird, sondern daß darüberhinaus diese Nullstellen eine arithmetische Deutung erfahren, nämlich innerhalb der imaginär-quadratischen Ordnung M als die konjugiert-komplexen, geeignet normierten Faktoren einer Zerlegung

$$q = \pi\overline{\pi}.$$

Hasse selbst konnte aber nicht direkt wie oben argumentieren, weil nämlich die hierbei verwendeten Begriffe und Theorien, die heute mathematisches Allgemeingut sind, zu Hasses Zeiten noch garnicht vorlagen. Das gilt sowohl für die Grundbegriffe der algebraischen Geometrie wie z.Bsp. *Varietät, Dimension, allgemeiner Punkt*, als auch für die fortgeschrittenere Theorie der *abelschen Mannigfaltigkeiten* und ihrer *Endomorphismen*. Der Prozeß der Algebraisierung, der das Arsenal dieser Begriffe und Resultate auch für Körper von Primzahlcharakteristik nutzbar machte, war erst am Entstehen.

Hasse gebührt das Verdienst, die algebraische Theorie im Falle elliptischer Kurven konzipiert und von Grund auf entwickelt zu haben, jedenfalls so weit, daß damit die Gültigkeit der Riemannschen Vermutung gezeigt werden konnte. Gleichzeitig hat er aber, über den Fall elliptischer Funktionenkörper hinaus, die allgemeine Theorie der algebraischen Funktionenkörper entwickelt. Denn von vorneherein hatte er auch den Beweis der Riemannschen Vermutung für beliebiges Geschlecht im Auge. Darüberhinaus wollte er die Theorie algebraischer Funktionenkörper auch für andere zahlentheoretische Probleme bereitstellen, z.Bsp. für Probleme diophantischer Gleichungen statt diophantischer Kongruenzen.

Das war ein weit gespanntes Programm. Es erstaunt daher nicht, daß mehrere Jahre vergingen, bis das Programm so weit durchgeführt war, daß Hasse der mathematischen Öffentlichkeit schließlich seinen Beweis der Riemannschen Vermutung im elliptischen Falle vorstellen konnte.

Wir geben nun eine Liste der diesbezüglichen Arbeiten Hasses, mit kurzen Kommentaren. Eine ausführlichere Würdigung dieser Arbeiten behalten wir uns für später vor.

(1) *Über die Kongruenzzetafunktionen. Unter Benutzung von Mitteilungen von Prof. Dr. F.K. Schmidt und Prof. Dr. E. Artin.* 1934, 14 S.

Enthält eine systematische Darstellung der Theorie der Zetafunktionen von Funktionenkörpern über endlichen Körpern.

(2) *Abstrakte Begründung der komplexen Multiplikation und Riemannsche Vermutung in Funktionenkörpern.* 1934, 24 S.

Ausarbeitung von Gastvorträgen Hasses an der Universität Hamburg. In diesen Vorträgen entwickelt Hasse sein Konzept. Dabei wird unter „komplexer Multiplikation" die Theorie des Endomorphismenringes einer elliptischen Kurve verstanden. Für die Einzelbeweise verweist Hasse auf „demnächst" zu veröffentlichende Arbeiten.

(3) *Theorie der relativ-zyklischen algebraischen Funktionenkörper, insbesondere bei endlichem Konstantenkörper.* 1934, 15 S.

Es wird gezeigt, daß die aus der Literatur bekannten Probleme der Abschätzung von *Exponentialsummen, Klostermannschen Summen, Charaktersummen etc.* sich sämtlich auf die Riemannsche Vermutung in Funktionenkörpern zurückführen lassen, und zwar mit der bestmöglichen Abschätzung der Größenordnung $q^{1/2}$, wie bei dem Problem der diophantischen Kongruenzen. Allerdings reicht dazu der elliptische Fall i.allg. nicht aus, sondern es handelt sich um Funktionenkörper höheren Geschlechts, nämlich um Artin-Schreier- bezw. Kummer-Erweiterungen rationaler Körper. Dies alles wird, ganz im Stil Hasses, in eine systematische, allgemeine Theorie der zyklischen Erweiterungen von Funktionenkörpern eingeordnet, die auch unter klassenkörpertheoretischen Gesichtspunkten diskutiert wird.

Nachdem die Riemannsche Vermutung schließlich durch A. Weil auch für höheres Geschlecht bewiesen worden war, erlangte diese Arbeit besondere Bedeutung für zahlentheoretische Anwendungen und ist auch heute noch aktuell.

(4) *Die Nullstellen der Kongruenzzetafunktionen in gewissen zyklischen Fällen. Gemeinsam mit H. Davenport.* 1934, 32 S.

Dies ist eine Anschlußarbeit an die vorangehend aufgeführte. Die „gewissen zyklischen Fälle" sind Funktionenkörper mit den definierenden Gleichungen $x^m + y^n = 1$ sowie $y^p - y = x^m$ in Charakteristik p, wobei m, n teilerfremd zu p sind, und der Grundkörper K so groß zu nehmen ist, daß m und n Teiler von $q-1$ werden. In diesen Fällen nämlich gelingt die arithmetische Interpretation der Nullstellen der Zetafunktion durch Gaußsche bezw. Jacobische Summen, deren Absolutbetrag aus der Zahlentheorie bekannt ist. Damit ist dann auch die Riemannsche Vermutung in diesen Fällen bewiesen.

Hasse und Davenport waren also die ersten, welche die Riemannsche Vermutung auch für höheres Geschlecht in in einer allgemeinen Situation beweisen konnten.

Davenport hatte sich bereits seit einiger Zeit mit dem Problem der diophantischen Kongruenzen $ax^m + by^n \equiv 1 \mod p$ beschäftigt, aber er hatte es nicht vermocht, bis zur bestmöglichen Abschätzung des Fehlergliedes durch $O(q^{1/2})$ vorzudringen. Er hatte Hasse dazu in einem Brief gefragt: „*can you help me?*" Diese Arbeit ist offenbar ein Ausfluß der daran anschließenden Diskussion zwischen Davenport und Hasse.

Die Arbeit ist auch heute noch sehr aktuell.

Eigentlich hatten Hasse und Davenport vor, zwei verschiedene Arbeiten zu diesem Thema anzufertigen, eine „high brow" (das ist wohl diese, an die Hassesche Theorie der zyklischen Funktionenkörper anknüpfende), und eine „low brow" (die wohl mehr den Vorstellungen von Davenport entsprechende). Zu der zweiten ist es aber dann nicht mehr gekommen. Möglicherweise kann die Arbeit von Davenport: „*Character sums in finite fields*", die 1939 in den Acta Mathematica erschien, als Weiterentwicklung der geplanten gemeinsamen zweiten Arbeit gelten.

(5) *Theorie der Differentiale in algebraischen Funktionenkörpern mit vollkommenem Konstantenkörper.* 1934, 10 S.

Übertragung des analytischen Begriffs des Differentials auf einer Riemannschen Fläche in die Algebra der Funktionenkörper, unter besonderer Berücksichtigung der in Charakteristik p durch Inseparabilität zusätzlich auftretenden Probleme. Es wird der Zusammenhang mit dem durch F.K. Schmidt bewiesenen algebraischen Satz von Riemann-Roch hergestellt. Die Arbeit enthält den ersten algebraischen Beweis des Residuensatzes.

(6) *Existenz separabler zyklischer unverzweigter Erweiterungskörper vom Primzahlgrad p über elliptischen Funktionenkörpern der Charakteristik p.* 1934, 9 S.

Hier findet sich die Definition der Hasseschen Invariante A eines elliptischen Funktionenkörpers $F|K$ von Primzahlcharakteristik p. Das Nichtverschwinden von A reguliert die Existenz von unverzweigten zyklischen Erweiterungen von F vom Grad p. Hasse hatte entdeckt, *erstens* daß es möglich ist, daß F überhaupt keine echten solchen Erweiterungen zuläßt, und zwar wenn $A = 0$ (das sind die heute sogenannten *supersingulären* elliptischen Funktionenkörper); *zweitens* aber daß es auch bei $A \neq 0$ nur eine einzige solche Erweiterung gibt (bei algebraisch abgeschlossenem Grundkörper

K). Dies ist ein wichtiger und wesentlicher Unterschied zu den Verhältnissen in Charakteristik 0, und spielt eine besondere Rolle bei der Diskussion des Frobenius-Endomorphismus.

(7) *Zyklische unverzweigte Erweiterungskörper vom Primzahlgrad p über einem algebraischen Funktionenkörper der Charakteristik p. Gemeinsam mit E. Witt.* 1936, 16 S.

Verallgemeinerung der Invariante A für Funktionenkörper beliebigen Geschlechts $g \geq 1$; hier ist sie eine quadratische g-reihige Matrix, die heute als „Hasse-Witt Matrix" bezeichnet wird. Interessant ist das folgende Zitat aus dieser Arbeit:

> *Diese Verallgemeinerung hat für den Beweis der Riemannschen Vermutung für algebraische Funktionenkörper beliebigen Geschlechts über einem endlichen Konstantenkörper dieselbe Bedeutung wie im bereits durchgeführten Spezialfall des Geschlechts* 1.

(8) *Theorie der höheren Differentiale in einem algebraischen Funktionenkörper mit vollkommenem Konstantenkörper bei beliebiger Charakteristik.* 1936, 5 S.

Es werden hier die höheren Derivationen so eingeführt, daß sie auch bei Charakteristik p brauchbar bleiben. Die Arbeit enthält eigentlich kein Resultat im eigentlichen Sinne, sondern stellt nur fest, daß man auch bei Charakteristik p mit höheren Derivationen und Differentialen in derselben Weise umgehen kann wie in Charakteristik 0 – vorausgesetzt, daß man die Rechnungen von den in der gewöhnlichen Analysis auftretenden Zahlfaktoren befreit.

Noch im selben Band des Crelleschen Journals, in dem diese Arbeit erschien, hat Teichmüller eine wesentlich vereinfachte Version geliefert. Und im nächsten Band publizierte Hasse Auszüge aus einer Korrespondenz mit F.K. Schmidt, in denen eine nochmals vereinfachte Form der Darstellung geliefert wurde. Seitdem spricht man in der Literatur von den „Hasse-F.K.Schmidtschen Derivationen." Sie werden heute in der algebraischen Differentialrechnung standardmäßig benutzt.

(9) *Zur Theorie der abstrakten elliptischen Funktionenkörper* I, II, III. 1936, 47, 48, 49 S.

Jetzt endlich ist Hasse in der Lage, den bereits in Hamburg angekündigten Beweis der Riemannschen Vermutung im elliptischen Fall durchzuführen. Gegenüber seiner Ankündigung in Hamburg aus dem Jahre 1934 haben sich, so sagt er, in den einzelnen Beweisen erhebliche Vereinfachungen ergeben.

In dem Vorwort erläutert Hasse, daß er es soweit nur irgend möglich vermeide, spezielle explizite Formeln oder Vorkenntnisse über elliptische Körper auszunutzen, selbst auf die Gefahr hin, daß seine Ausführungen reichlich abstrakt erscheinen. Dies, so sagt Hasse, ist im Hinblick auf die Aufgabe der Verallgemeinerung auf beliebiges Geschlecht angebracht. Außerdem fügt sich der Fall der Charakteristik $p = 2$ zwanglos ein, es braucht keine Ausnahme mehr gemacht zu werden, wie es z.Bsp. nötig wäre, wenn explizite Additionsformeln benutzt würden.

Die ganze Theorie wird zunächst für einen algebraisch abgeschlossenen Grundkörper K durchgeführt. Erst am Schluß, wenn der Frobenius-Endomorphismus ins Spiel kommt, wird vorausgesetzt, daß K der algebraische Abschluß eines endlichen Körpers ist.

In *Teil I* wird die Struktur der Torsionsgruppe einer elliptischen Kurve bestimmt, so wie wir sie heute kennen. Das ist wichtig, um später den Grad eines natürlichen Multiplikators zu bestimmen: $\mathrm{Grad}(n) = n^2$. Im klassischen Fall der Charakteristik 0 ist das aus der Uniformisierungstheorie der elliptischen Kurven bekannt und evident. In Charakteristik p ergeben sich jedoch ganz neuartige Verhältnisse, wenn n eine Potenz von p ist.

In *Teil II* geht es um Endomorphismen einer elliptischen Kurve. Hasse benutzt dafür das Wort „Meromorphismen" eines elliptischen Funktionenkörpers; die Definition ist genau dieselbe wie sie heute, im Rahmen der algebraischen Geometrie, für Endomorphismen (bezw. Isogenien) üblich ist. Einige Probleme bereitet die Definition der Addition von Meromorphismen, was Hasse das *Additionstheorem* nennt. Das liegt daran, daß Hasse eben noch nicht die Hilfsmittel der algebraischen Geometrie zur Verfügung hatte und insbesondere auch nicht den Begriff einer algebraischen Gruppe.

In *Teil III* geht es nun um die Struktur des Endomorphismenrings M. Grundlegend für alle Strukturaussagen ist die „Normenadditionsformel" für $\mu, \nu \in \mathsf{M}$:

$$\mathcal{N}(\mu + \nu) + \mathcal{N}(\mu - \nu) = \mathcal{N}(\mu) + \mathcal{N}(\nu)\,, \tag{20}$$

wobei anzumerken ist, daß die „Norm" eines Meromorphismus bei Hasse so definiert ist, daß sie mit dem übereinstimmt, was wir heute „Grad" nennen. Erst später, nämlich als Ausfluß der Hasseschen Normenadditionsformel, stellt sich heraus, daß der Grad mit der Norm übereinstimmt.

Aus den Aufzeichnungen von Hasse und seinem Briefwechsel mit Davenport ist zu entnehmen, daß er um die richtige Formulierung der Normenadditionsformel sehr gerungen hat. Davenport hatte ihm in einem Brief mitgeteilt, daß mit der Definition $|\mu| = \sqrt{\mathcal{N}(\mu)}$ die Dreiecksungleichung

$$|\mu + \nu| \leq |\mu| + |\nu|$$

gilt, daß also die Funktion $|\cdot|$ eine Bewertung auf M ist. Dadurch wurde schließlich Hasse angeregt, nach der endgültigen Form einer Normenadditionsformel zu suchen, und erhielt eben (20). Diese Formel besagt, daß sich die Normfunktion verhält wie eine positiv definite quadratische Form auf M.

Hieraus ergeben sich für den Endomorphismenring M sofort die bereits oben erwähnten Strukturaussagen: *Entweder* $\mathsf{M} = \mathbb{Z}$, *oder* M ist eine Ordnung in einem imaginär quadratischen Zahlkörper, *oder* M ist eine Ordnung in einer imaginär quadratischen Divisionsalgebra. In der klassischen, analytischen Theorie kommen nichtkommutative Endomorphismenringe bei Geschlecht 1 nicht vor; die Entdeckung solcher nichtkommutativer Strukturen in Charakteristik p, und zwar im supersingulären Fall, kam völlig unerwartet. Die genaue Bestimmung der möglichen Ordnungen wurde später durch Deuring durchgeführt.

Nach all diesen Vorbereitungen ergibt sich der Beweis der Riemannschen Vermutung nun nach dem bereits oben erwähnten Schema, nämlich durch Anwendung der allgemeinen Theorie auf den Frobenius-Endomorphismus der gegebenen elliptischen Kurve.

(10) *Punti razionali sopra curve algebriche a congruenze.* 1943, 56 S.

Es handelt sich nicht nur um eine Darstellung des Hasseschen Beweises für den elliptischen Fall, sondern auch um ein Konzept für beliebiges Geschlecht g. Und zwar stellt Hasse die inzwischen publizierte Deuringsche Theorie der Korrespondenzen und Multiplikatoren für Funktionenkörper beliebigen Geschlechts vor. Diese Arbeit wurde deshalb in italienischer Sprache geschrieben, weil Hasse hoffte, dadurch das Interesse italienischer Geometer zu wecken und Anregungen aus dem Fundus der italienischen algebraischen Geometrie zu erhalten. In der Tat war ja die Deuringsche Theorie nach dem Muster der Korrespondenzentheorie der klassischen algebraischen Geometrie modelliert. Es hätte nur noch eines relativ geringen Anstoßes bedurft, um die Sätze von Severi in die Deuringsche Theorie zu integrieren, womit sich dann auch ein Beweis der Riemannschen Vermutung für beliebiges Geschlecht ergeben hätte. [8]

Dazu ist es jedoch nicht mehr gekommen, bevor André Weil 1948 seine Beweise der Riemannschen Vermutung publizierte. Bemerkenswert ist, daß einer der beiden von Weil angegebenen Beweise genau in derselben Richtung liegt, wie sie Deuring mit seinen Arbeiten vorgegeben hatte. Zusätzlich konnte sich A. Weil auf die von ihm selbst entwickelte algebraische Theorie der Schnittmultiplizitäten der algebraischen Geometrie stützen; das brachte dann den Durchbruch.

(11) *La conjetura de Riemann para cuerpos de funciones sobre cuerpos de constantes finitos.* 1957, 142 S.

Ausarbeitung einer Vorlesung über den Problemkreis der Riemannschen Vermutung für Funktionenkörper, einschließlich des inzwischen erfolgten Beweises für beliebiges Geschlecht.

Zusammenfassung:

- *Die Hassesche Grundidee seines Beweises im elliptischen Fall ist besonders einfach und durchsichtig. Sie beruht auf den Struktursätzen für*

[8] Ich habe das in meiner Dissertation 1951 in Evidenz gesetzt.

den Endomorphismenring einer elliptischen Kurve und deren Anwendung auf den Frobenius-Endomorphismus.

- *Zur Zeit Hasses waren die für einen solchen Beweis notwendigen Grundbegriffe der algebraischen Kurvengeometrie und der algebraischen Funktionenkörper noch nicht verfügbar. Es gab auch keine algebraische Theorie der Endomorphismenringe elliptischer Kurven. Hasse mußte daher die algebraische Theorie von Grund auf entwickeln. Das war ein großes Projekt; die endgültige Fassung des Beweises der Riemannschen Vermutung im elliptischen Fall konnte erst 1936 veröffentlicht werden.*
- *Bei der Durchführung des genannten Projekts hat Hasse die algebraische Theorie der Funktionenkörper beliebigen Geschlechts entwickelt und sich nicht nur auf den elliptischen Fall beschränkt. In der Tat hatte er von Anbeginn den Beweis der Riemannschen Vermutung für beliebiges Geschlecht im Auge.*
- *In einigen zyklischen Fällen gelang es Hasse und Davenport in der Tat, die Riemannsche Vermutung auch für Funktionenkörper höheren Geschlechts zu beweisen. Die dabei betrachteten Kurven werden heute als „Hasse-Davenport-Kurven“ bezeichnet und sind noch aktuell.*
- *Die von Hasse angeregten Arbeiten von Deuring zur Korrespondenzentheorie bildeten einen wesentlichen Fortschritt in Richtung auf den Beweis für höheres Geschlecht. Es hätte nur noch eines geringen Anstosses bedurft, um schließlich zu dem Beweis vorzudringen. Dazu kam es jedoch nicht mehr, denn 1948 publizierte A. Weil seinen Beweis für beliebiges Geschlecht. Und zwar benutzt der Beweis wesentlich denselben Ansatz wie Deuring, stützt sich aber außerdem auf die von A. Weil inzwischen entwickelte algebraische Theorie der Schnittmultiplizitäten.*

8 Komplexe Multiplikation

Im vorstehenden Abschnitt haben wir eine Liste der Hasseschen Arbeiten zur Riemannschen Vermutung gegeben. Eine Arbeit haben wir darin jedoch noch nicht aufgeführt, nämlich die erste, in der er sich mit diesem Thema beschäftigte. Sie erschien bereits im Jahre 1933, als „Vorläufige Mitteilung“ in den Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. [9] Dort gibt Hasse eine Beweisskizze, welche sich *nicht* auf die algebraische Theorie der elliptischen Kurven und ihrer Endomorphismen stützt (diese war ja noch nicht vorhanden), sondern sich die Beobachtung zunutze macht, daß sich jede über einem endlichen Körper definierte elliptische Kurve als Reduktion

[9] Vorgelegt von E.Landau in der Sitzung am 28. April 1933.

einer geeigneten, in Charakteristik 0 definierten Kurve *mit komplexer Multiplikation* gewinnen läßt. Danach hat Hasse diese Beweisvariante nicht weiter verfolgt; schon 1934 in seinen Hamburger Vorträgen hatte er das Konzept geändert. Die neue Fassung erscheint in der Tat systematischer und natürlicher als der erste Beweis; dieser ist aber deshalb für uns interessant, weil wir vielleicht daran die historische Entwicklung verfolgen können.

Die Theorie der komplexen Multiplikation [10] geht auf Abel zurück, wurde später von Kronecker und Weber ausgebaut und gab schließlich den Anstoß zu der Entwicklung der allgemeinen Klassenkörpertheorie durch Takagi, Artin und Hasse. Zunächst handelt es sich dabei einfach um eine analytisch begründete Theorie der Endomorphismenringe elliptischer Kurven, nämlich wie folgt.

Eine elliptische Kurve über dem komplexen Zahlkörper $\mathbb{C}$ kann aufgefaßt werden als Riemannsche Fläche vom Geschlecht $g = 1$. Jede solche Fläche ist analytisch isomorph zu dem Faktorraum $\mathbb{C}/\mathfrak{w}$, wobei $\mathfrak{w}$ das Gitter der Integralperioden $\int_\gamma \omega$ bedeutet, unter ω ein holomorphes Differential auf der Riemannschen Fläche verstanden (es ist bis auf konstante Faktoren eindeutig bestimmt). γ durchläuft die geschlossenen Kurven auf der Riemannschen Fläche (diese ist ein Torus). $\mathfrak{w}$ ist eindeutig bestimmt bis auf komplexe Faktoren. Der Funktionenkörper der elliptischen Kurve wird erzeugt von der Weierstraßschen $\wp$-Funktion und ihrer Ableitung:

$$F = \mathbb{C}(\wp, \wp')$$

wobei

$$\wp(z) = \frac{1}{z^2} + \sum_{\substack{w\in\mathfrak{w}\\ w\neq 0}} \left(\frac{1}{(z-w)^2} - \frac{1}{w^2}\right) .$$

Zwischen $\wp$ und $\wp'$ besteht die algebraische Gleichung in „Weierstraßscher Normalform"

$$\wp'^{\,2} = 4\wp^4 - g_2\wp - g_3$$

wobei

$$g_2 = g_2(\mathfrak{w}) = 60 \sum_{\substack{w\in\mathfrak{w}\\ w\neq 0}} w^{-4} , \qquad g_3 = g_3(\mathfrak{w}) = 140 \sum_{\substack{w\in\mathfrak{w}\\ w\neq 0}} w^{-6} . \tag{21}$$

Die Invariante $j(\mathfrak{w})$ des Gitters berechnet sich wie folgt:

$$j(\mathfrak{w}) = 12^3 \frac{g_2^3}{g_2^3 - 27g_3^2} .$$

[10] Wenn wir in diesem Abschnitt von „komplexer Multiplikation" sprechen, so ist dabei stets die klassische Theorie der komplexen Multiplikation in Charakteristik 0 gemeint.

Dies sind die klassischen Formeln zur Uniformisierung der elliptischen Kurven. Die durch das Gitter $\mathfrak{w}$ uniformisierte elliptische Kurve bezeichnen wir mit $\mathcal{E}_{\mathfrak{w}}$.

Ein *Multiplikator* von $\mathfrak{w}$, oder von $\mathcal{E}_{\mathfrak{w}}$, ist nun definiert als eine komplexe Zahl μ für welche $\mu\mathfrak{w} \subset \mathfrak{w}$. Der Ring M aller solcher Multiplikatoren enthält $\mathbb{Z}$. Wenn es noch einen weiteren Multiplikator in M gibt, so ist dieser nicht reell; man spricht dann von *komplexer Multiplikation* – davon hat die ganze Theorie ihren Namen. [11]

Wenn der Multiplikatorenring M komplex ist, dann ist er notwendig eine Ordnung in einem imaginär quadratischen Zahlkörper Ω. Das Periodengitter $\mathfrak{w}$ kann dann nach Multiplikation mit einem Faktor so normiert werden, daß es in Ω enthalten ist. Hasse schreibt dann $\mathfrak{a}$ statt $\mathfrak{w}$, um anzudeuten, daß es sich nicht um ein beliebiges Gitter handelt, sondern um ein „singuläres“, was eben bedeutet, daß $\mathfrak{a} \subset \Omega$.

Die eigentliche Theorie der komplexen Multiplikation beginnt nun mit der (nichttrivialen) Beobachtung, daß der Wert der j-Funktion $j(\mathfrak{a})$ für ein singuläres Gitter $\mathfrak{a}$ eine algebraische Zahl ist. Und zwar ist $j(\mathfrak{a})$ sogar *abelsch* über dem zugehörigen imaginär quadratischen Körper Ω. Das impliziert, daß die durch $\mathfrak{a}$ uniformisierte elliptische Kurve $\mathcal{E}_{\mathfrak{a}}$ bereits über einem abelschen Erweiterungskörper von Ω definiert ist. Bei geeigneter Normierung der Kurvengleichung stellt sich folgendes heraus: Die Koordinaten der Torsionspunkte von $\mathcal{E}_{\mathfrak{a}}$ erzeugen, zusammen mit den Gleichungskoeffizienten, einen Körper, der die maximale abelsche Erweiterung Ω^{ab} von Ω enthält. Das ist eine Folge der sogenannten „Teilungsformeln“ der komplexen Multiplikation.

Diese Teilungsformeln können dazu benutzt werden, das Artinsche Reziprozitätsgesetz für $\Omega^{\mathrm{ab}}|\Omega$ explizit zu beschreiben, indem die Wirkung der Automorphismen auf die Koordinaten der Torsionspunkte von $\mathcal{E}_{\mathfrak{a}}$ studiert wird, welche durch geeignete analytische Funktionen parametrisiert werden. Insbesondere die Wirkung der arithmetisch definierten *Frobenius-Automorphismen* lassen sich auf diese Weise mit den komplexen Multiplikatoren aus M in Zusammenhang bringen.

Wird dieser Sachverhalt im Detail verfolgt, so ist zu erkennen, daß die klassische Theorie der komplexen Multiplikation in Charakteristik 0 ein Modell liefert für Problemstellungen der Art, wie sie sich im Zusammenhang mit der Riemannschen Vermutung in Charakteristik p ergeben haben. Für Hasse, der die Theorie der komplexen Multiplikation und den Fundus ihrer Methoden und Ergebnisse sehr genau kannte, war es also naheliegend, den Beweis der Riemannschen Vermutung bei Charakteristik p zurückzuführen auf die ihm bekannte Situation bei komplexer Multiplikation in Charakteristik 0.

[11] Heute hat es sich durchgesetzt, „Endomorphismenring“ statt „Multiplikatorenring“ zu sagen. In der Tat handelt sich genau um die Endomorphismen $z \mapsto \mu z$ von $\mathbb{C}/\mathfrak{w}$ als Liesche Gruppe.

Und zwar argumentierte er folgendermaßen: Es sei $F|K$ ein elliptischer Funktionenkörper über einem endlichen Körper K, mit zugehöriger elliptischer Kurve $\mathcal{E}$. Dann gibt es (evtl. nach endlicher Konstantenerweiterung) ein singuläres Gitter $\mathfrak{a}$ in einem imaginär quadratischen Körper Ω, mit folgenden Eigenschaften: Die gegebene elliptische Kurve $\mathcal{E}$ in Charakteristik p geht aus der Kurve $\mathcal{E}_{\mathfrak{a}}$ durch Konstantenreduktion nach einem geeigneten Primteiler $\mathfrak{P}$ von p in Ω^{ab} hervor. Außerdem kann die Konstruktion so eingerichtet werden, daß die Zahl q – die Anzahl der Elemente von K – im Multiplikatorenring M von $\mathfrak{a}$ in ein Produkt von zwei konjugierten Faktoren zerfällt:

$$q = \pi\overline{\pi}$$

derart, daß π (nach geeigneter Normierung durch ein Vorzeichen) auf den Torsionspunkten von $\mathcal{E}_{\mathfrak{a}}$ wie der zu q gehörige Frobenius-Automorphismus wirkt. Und dann ist

$$\mathcal{N}(\pi - 1)$$

gleich der Anzahl der K-rationalen Punkte der reduzierten Kurve $\mathcal{E}$.

Dieser Beweis geht also im Prinzip ähnlich vor wie der im vorigen Abschnitt angegebene, spätere Beweis von Hasse, nur daß er den Umweg über Charakteristik 0 und die Kurve $\mathcal{E}_{\mathfrak{a}}$ mit komplexer Multiplikation macht – und zwar deshalb, weil damals nur in Charakteristik 0 eine Theorie der Endomorphismen elliptischer Kurven vorlag, nämlich im Rahmen der klassischen, analytisch begründeten Theorie der komplexen Multiplikation.

Dieser Umweg kostete einige Mühe, denn die Reduktionstheorie elliptischer Kurven war damals noch nicht vorhanden. Für *gute* Reduktion, die hier in Frage kommt, wurde die Reduktionstheorie erst später von Deuring in befriedigender Weise entwickelt, und zwar im Anschluß an und beeinflußt durch die Hasseschen Arbeiten. In seiner Situation mußte Hasse explizit mit den Koeffizienten der geeignet anzusetzenden definierenden Gleichungen der Kurve rechnen, und das erforderte eine Reihe von Ausnahmen, die allein rechnerisch bedingt waren und nicht in der Natur der Sache lagen. Zum Beispiel konnte Hasse seinen Beweis nur im Falle der Charakteristik $p \neq 2,3$ durchführen. Auch mußten diejenigen Fälle ausgeschlossen werden, in denen $\mathsf{M} = \mathbb{Z}[\sqrt[4]{1}]$ oder $\mathsf{M} = \mathbb{Z}[\sqrt[3]{1}]$ ist, wo also M außer ± 1 noch mehr Einheiten besitzt.

Es erscheint wahrscheinlich, daß Hasse bei den Arbeiten zur Beseitigung dieser Ausnahmefälle gemerkt hat, man müsse statt der analytischen Schlußweisen mehr algebraisch-arithmetisch argumentieren. Und bei der Ausarbeitung einer solchen Argumentation hat er dann gesehen, daß alles auch direkt für Charakteristik p Gültigkeit hat, ohne den Umweg über Charakteristik 0 nehmen zu müssen. Auch bei diesem Projekt vertraute Hasse auf die „Kraft der algebraischen Methode“. Und sein Vertrauen erwies sich als voll gerechtfertigt. Wie bereits erwähnt, hatte er schon 1934 sein neues Konzept fertig, das er in seinen Hamburger Vorträgen vorstellte. [12]

In jedem Falle ist aber festzustellen, daß die genaue Kenntnis der klassischen Theorie der komplexen Multiplikation, sowie der ihr innewohnenden arithmetischen Strukturaussagen, für Hasse das entscheidende Moment darstellte, seinen Beweisansatz zu finden und erfolgreich durchzuziehen.

Bereits sehr früh hatte sich Hasse mit komplexer Multiplikation beschäftigt. Wie er selbst berichtet, hat er schon in den ersten Studiensemestern, während seiner kurzen Göttinger Studienzeit, eine Vorlesung von Hecke über komplexe Multiplikation gehört. Und auch in späteren Briefen zwischen Hasse und Hecke ist immer wieder von komplexer Multiplikation die Rede. Die komplexe Multiplikation hatte einen erheblichen Stellenwert unter denjenigen Gebieten, die Hasse für wesentlich in der Zahlentheorie und in der Mathematik überhaupt gehalten hat. Vielleicht hängt es hiermit zusammen, daß Hecke von Hasse als sein *zweiter akademischer Lehrer* angesehen wurde. (Der erste war Kurt Hensel.)

Das besondere Interesse Hasses an der komplexen Multiplikation lag wahrscheinlich auch darin begründet, daß diese in der historischen Entwicklung eine enge Verflechtung mit der Klassenkörpertheorie aufwies. Hasse hatte sich seit seinem Vortrag bei der DMV-Tagung in Danzig 1925 sehr intensiv für die Verbreitung und Weiterentwicklung der Klassenkörpertheorie eingesetzt, und er hat ja auch selbst wesentliche Beiträge dazu geliefert. Sein dreiteiliger DMV-Bericht, der stets als „Klassenkörperbericht“ zitiert wurde, bildete lange Zeit das Standardwerk für jeden, der sich mit der höheren algebraischen Zahlentheorie beschäftigte, vergleichbar etwa mit dem Hilbertschen Zahlbericht, an den Hasse explizit anschließt. Und in Teil I dieses Berichts wird ausdrücklich die komplexe Multiplikation in den Rahmen der Klassenkörpertheorie gestellt.

In diesem Zusammenhang sind auch seine beiden wichtigen Arbeiten „Neubegründung der komplexen Multiplikation“ aus den Jahren 1927-1931 zu sehen; diese Arbeiten besitzen auch heute noch fundamentalen Charakter und haben Anlaß gegeben zu einer fruchtbaren Weiterentwicklung.

Wir sehen also, daß Hasse aufgrund seiner mehr als 10-jährigen intensiven Arbeit an komplexer Multiplikation und Klassenkörpertheorie die besten Voraussetzungen besaß, um über die komplexe Multiplikation den Weg zu der Riemannschen Vermutung in Charakteristik p zu finden.

Trotzdem bleibt die Frage, *wie* denn der entscheidende Durchbruch gelang, *bei welcher Gelegenheit* Hasse das Konzept des Beweises klar geworden

[12] Im Jahre 1967 ist Hasse noch einmal auf seinen ersten Beweis zurückgekommen und hat einen Beweis seines Reduktionssatzes gegeben, der ja in der „Vorläufigen Mitteilung“ ohne Beweis zitiert war. In einer anschließenden Arbeit im Crelleschen Journal hat dann Shiratani diesen Satz noch von überflüssigen Voraussetzungen befreien können.

war.

Es liegt nahe, in diesem Zusammenhang an die Arbeit von Herglotz zu denken, in welcher jener eine Eintragung aus dem Gaußschen Tagebuch bewiesen hatte.

Gauß hatte sich in seiner letzten Tagebucheintragung (1814) mit der Lösung einer diophantischen Kongruenz beschäftigt:

$$x^2y^2 + x^2 + y^2 \equiv 1 \mod p \tag{22}$$

wobei $p \equiv 1 \mod 4$ eine Primzahl in $\mathbb{Z}$ ist. Und zwar fand er folgendes: Man zerlege p im Gaußschen Zahlring $\mathbb{Z}[i]$ in ein Produkt zweier konjugiert komplexer Primzahlen

$$p = \pi\overline{\pi}$$

mit der Normierung, daß $\pi \equiv 1 \mod 2(i-1)$ (was durch Multiplikation mit einer der vier Einheiten $\pm 1, \pm i$ zu erreichen ist). Dann wird die Lösungsanzahl N der Kongruenz (22) gegeben durch

$$N = \mathcal{N}(\pi - 1) = p + 1 - \pi - \overline{\pi}$$

also $N = p + \mathcal{O}(p^{1/2})$. Dabei sind bei der Zählung der Lösungen von (22) die vier Lösungen im Unendlichen mitzuzählen; sie ergeben sich, wenn man die affine Kurve $x^2y^2 + x^2 + y^2 = 1$ projektiv erweitert. (Das ist genau der Hassesche birational invariante Standpunkt.) Bei der Kurve handelt es sich um eine Lemniskate, also eine elliptische Kurve (Geschlecht $g = 1$).

Die Beobachtung von Gauß wurde schließlich von Herglotz im Jahre 1921 bewiesen, *und zwar unter Zuhilfenahme der komplexen Multiplikation*. Der Multiplikatorenring der Lemniskate ist gerade der Gaußsche Zahlring, also $\mathbf{M} = \mathbb{Z}[i]$. Der Beweis von Herglotz ergibt sich aus der Diskussion der Teilungsgleichungen für den Multiplikator $\pi - 1$.

Dieser Beweis ist in der Tat bemerkenswert, denn er bedeutet im Spezialfall der Lemniskate genau dieselbe Vorgehensweise wie bei Hasse in seiner „vorläufigen Mitteilung" für beliebige elliptische Kurven – abgesehen von den analytischen Normierungen, die bei Hasse anders sind als bei Herglotz.

Es liegt daher nahe, zu vermuten, daß Hasse die Herglotzsche Arbeit gekannt und dann versucht hat, die dortigen, auf den speziellen Fall der Lemniskate bezogenen Überlegungen zu verallgemeinern. Die Vermutung wird gestärkt durch die Tatsache, daß Herglotz der „Doktorvater" von Artin gewesen war. Da Hasse engen Kontakt mit Artin pflegte, so hatte er möglicherweise von der Herglotzschen Arbeit gehört.

Diese Vermutung wird jedoch, soweit ich sehe, nicht gestützt durch Hasses eigene Angaben. In seinen Arbeiten hat er Herglotz niemals zitiert. Stattdessen finden wir in einer späteren Arbeit von Deuring ein Zitat der Herglotzschen Arbeit, zusammen mit der Bemerkung, daß die Gaußsche Tagebucheintragung „offenbar in Vergessenheit geraten ist". Da Deuring aus dem Hasseschen Arbeitskreis der dreißiger Jahre kam, so muß man wohl annehmen, daß die Arbeit von Herglotz im Hasseschen Kreis in der Tat nicht bekannt war.

Wenn wir also nach dem unmittelbaren Anlaß suchen, bei dem Hasse die entscheidende Beweisidee erhielt, so müssen wir – mangels eindeutiger Hinweise – die Arbeit von Herglotz aussparen.

Tatsächlich gibt es einen Brief von Hasse an Mordell, aus dem wir mehr über jenen unmittelbaren Anlaß erfahren. Der Brief ist datiert vom 6.3.1933. In ihm teilt Hasse mit, daß es ihm *kürzlich* gelungen sei, die Riemannsche Vermutung im elliptischen Falle für die Zetafunktion zu beweisen. Dabei sagt Hasse wörtlich:

> ...*It is a curious fact that the leading idea of my proof may be considered as the fruit from our reading Siegel's great paper last year, or rather of my learning of your method in the elliptic case. For, as there the equation* $y^2 = f_4(x)$ *is treated by uniformizing it through elliptic functions, so I now treat the congruence* $y^2 \equiv f_4(x) \mod p$ *by uniformizing it in the same way...*

Demnach war es Mordell, der Hasse den entscheidenden Impuls für seinen Beweis gegeben hat. Und zwar aus Anlaß der gemeinsamen Lektüre von „Siegels großer Arbeit". Ein explizites Zitat, um welche Arbeit Siegels es sich gehandelt hatte, findet sich in der erwähnten „Vorläufigen Mitteilung": Es war die in der Tat große Arbeit „*Über einige Anwendungen diophantischer Approximationen*", die im Jahre 1929 in den Abhandlungen der Berliner Akademie erschienen war. Darin zeigt Siegel u.a., daß eine über einem algebraischen Zahlkörper definierte affine irreduzible algebraische Kurve nur endlich viele Punkte mit ganzalgebraischen Koordinaten besitzen kann – vorausgesetzt, daß das Geschlecht $g > 0$. Wenn $g > 1$, so ist dieser Satz heute durch den Faltingschen Beweis der Mordellschen Vermutung überholt. Aber im elliptischen Falle, wenn $g = 1$, ist der Siegelsche Satz noch von unveränderter Bedeutung.

Nach dem Brief von Hasse zu schließen, haben wir uns vorzustellen, daß er gemeinsam mit Mordell die Siegelsche Arbeit studierte, anläßlich des Besuches von Mordell in Marburg 1932. Mordell hat ihm dabei seine Version des Siegelschen Beweises im elliptischen Falle erklärt, und es war dann gerade diese Diskussion, die Hasse zu dem Ansatz über die Uniformisierung durch elliptische Funktionen führte – also zur komplexen Multiplikation.

Vielleicht ist es nicht uninteressant, aus der Antwort Mordells auf die Mitteilung von Hasse zu zitieren. Dieser Brief datiert vom 9.3.33, also drei Tage nachdem Hasse seinen Brief an Mordell geschrieben hatte:

> *...I was very glad to hear that you had completely knocked down the bottom out of $y^2 \equiv f_4(x) \mod p$. ...The first case of any exact results of zeta functions on $\Re(s) = 1/2$ will sure attract an enormous amount of attention ... What a tremendous vindication that the proof should depend on such a comparatively high brow theory.*

Angesichts der Tatsache, daß Mordell bekanntermaßen kein großer Freund von „high brow theory" gewesen ist und auch sonst mit positiven Meinungsäußerungen gegenüber Kollegen zurückhaltend war, scheint mir dieses Zitat bemerkenswert zu sein.

Die von Hasse angeführte Analogie seiner Methode zur Siegelschen Methode erscheint uns heute etwas künstlich, und er selbst ist später niemals darauf zurückgekommen.

Immerhin zeigt sich an dem Hasseschen Zitat, daß er an der Siegelschen Arbeit von Beginn an stark interessiert war. Hasse hat immer wieder versucht, die Siegelschen Resulate der von ihm, Hasse, begründeten algebraischen Theorie der Funktionenkörper einzuordnen, jetzt nicht über einem endlichen Körper, sondern über einem algebraischen Zahlkörper als Grundkörper. Hasse spricht dann von einem „arithmetischen Funktionenkörper".

Für das Geschlecht 1, also wiederum im elliptischen Falle, hat Hasse dieses sein Programm noch selbst durchgeführt; die Arbeit erschien in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie 1951. Ich selbst habe dann später (1973) in einer gemeinsamen Arbeit mit Abraham Robinson das Thema noch einmal aufgegriffen und zeigen können, daß und wie das Hassesche Programm auch für beliebiges Geschlecht durchgeführt werden kann. Es erscheint mir wahrscheinlich, daß sich in ähnlicher Weise auch die Mordellsche Vermutung in die Hassesche Theorie der arithmetischen Funktionenkörper einordnen lassen wird.

Zusammenfassung:

- *Schon im April 1933 legte Hasse eine Beweisskizze für elliptische Funktionenkörper vor. Dieser Beweis macht einen Umweg von Primzahlcharakteristik über Charakteristik 0, unter Benutzung der damals wohlbekannten, klassischen Theorie der komplexen Multiplikation. Dazu zeigte Hasse, daß die gegebene elliptische Kurve in Charakteristik p sich als gute Reduktion einer geeigneten singulären elliptischen Kurve aus Charakteristik 0 darstellen läßt, und zwar derart, daß daraus die Gültigkeit der Riemannschen Vermutung in Charakteristik p abgelesen werden kann.*

- *Dieser Beweis wurde später überholt durch die Erkenntnis, daß sich die einschlägigen Resultate über Endomorphismenringe auch für beliebige Charakteristik direkt herleiten lassen. Aber die komplexe Multiplikation im Verein mit der Klassenkörpertheorie hatte Hasse den Weg zum Beweis gewiesen. Durch frühere Arbeiten war Hasse eng vertraut mit jenen beiden Gebieten.*

- *Unmittelbarer Anlaß für die Konzeption seines Beweises war eine Diskussion von Hasse mit Mordell über die große Arbeit von Siegel 1929 über diophantische Approximationen.*

- *Es ist nicht nachweisbar und eher unwahrscheinlich, daß Hasse die einschlägige Arbeit von Herglotz 1921 gekannt hat, in welcher der Hassesche Beweisansatz im Falle der Lemniskate vorweggenommen worden war.*

9 Nachwort

Der Berichtszeitraum umfaßt etwa die Jahre 1930–1940. In politischer Hinsicht war es die Zeit großer Umwälzungen, die Zeit katastrophaler Geschehnisse bis hin zum zweiten Weltkrieg. Auch Hasse wurde in den Strudel dieser Ereignisse hineingezogen, seine Übersiedlung nach Göttingen im Jahre 1934 hing direkt damit zusammen. Über diese extrem schwierigen Jahre berichtet Schappacher in seinem Artikel „Das Mathematische Institut der Universität Göttingen 1929–1950“, sowie auch Günther Frei in seiner Hasse-Biographie.

Es ist hier nicht der Ort, darauf näher einzugehen. Immerhin erscheint es bemerkenswert, daß Helmut Hasse ungeachtet all dieser Schwierigkeiten und Widrigkeiten sein mathematisches Werk weiterführte. Durch die nationalsozialistische Politik wurde die große Tradition Göttingens als Zentrum der mathematischen Forschung abrupt abgebrochen. In der kurzen Zeit, in der Hasse in Göttingen wirkte, hat er die Mathematik in Göttingen wieder beleben können und die mathematische Forschung dort zu einem gewissen Höhepunkt geführt. Göttingen in den dreißiger Jahren kann wohl mit Recht als eine Keimzelle der heute so genannten arithmetischen Geometrie angesehen werden.

Prof. Dr. Peter Roquette
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Mathematisches Institut
Im Neuenheimer Feld 288 · 69120 Heidelberg

FESTVERSAMMLUNG IM ALTSTADTRATHAUS

NORBERT KAMP
Präsident der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft

Begrüßung und Bericht

Herr Oberbürgermeister, Magnifizenz, meine Herren Präsidenten, meine sehr verehrten Damen und Herren,

zur heutigen Festversammlung, in der die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft in Aufnahme der an viele Disziplinen der Wissenschaft gerichteten geistigen Herausforderung des Lebenswerkes von Carl Friedrich Gauß und im Respekt vor seinen Maßstäben die Gauß-Medaille 1996 an Herrn Prof. Gerhard Frey aus Essen verleiht und sich damit selbst bewußt auch zum Werk dieses großen Braunschweigers, der den Kosmos seiner Wissenschaften in Göttingen vollendete, bekennt, möchte ich Sie alle sehr herzlich in diesen Räumen, die eine wissenschaftsoffene Stadt uns zu nutzen erlaubt, willkommen heißen und Ihnen für Ihr Interesse und Ihre Aufgeschlossenheit danken.

Mit besonderer Herzlichkeit begrüße ich an dieser Stelle den Herrn Oberbürgermeister unserer Stadt, Herrn Werner Steffens, dessen Gegenwart unter uns mehr bekundet als Hausherrenpflichten oder städtisches Mäzenatentum: wer sich auch durch einen Schneesturm nicht davon abhalten läßt, an einer öffentlichen Sitzung der BWG teilzunehmen, beweist das in nachdrücklicher Weise. Mit Ihnen grüße ich alle Vertreter von Rat und Verwaltung unserer Stadt, deren Wohlwollen die BWG in ihrem Hause gedeihen läßt.

Begrüßen möchte ich an dieser Stelle auch drei Juristen, den Präsidenten unseres Oberlandesgerichts, Herrn Manfred Flotho, einer Institution, die immer wieder Juristen von Rang in ihren Bann gezogen hat, aber zugleich stets das spezifische Reizklima mit hat entstehen lassen, in dem Wissenschaft und Politik, Kunst und Theorie, nicht zuletzt aber auch Technik und Jurisprudenz im Gespräch zueinander finden. Der zweite Jurist, den ich hier als Präsidenten begrüßen darf, Herr Heiner Herbst, steht dem Landesrechnungshof vor, aber ich verstehe seine Anwesenheit nicht so, daß er hier mit der Lupe nach dem Verbleib unseres Minimalanteils am Landeshaushalt suchen will. Sein stets offenes Ohr für den wissenschaftlichen Dialog in der Stadt, die das Zentrum seines politischen Wirkens war, läßt ihn heute unter uns weilen; dafür bin ich Ihnen, lieber Herr Herbst, sehr dankbar. Als dritten Juristen begrüße ich in Vertretung der Bezirksregierung, und damit zugleich der Landesregierung, Herrn Vizepräsidenten Dr. Karl-Heinrich Schnöckel, der die Arbeit der BWG seit langem mit wohlwollender Aufmerksamkeit begleitet.

Die Institutionen, die unsere Gesellschaft erst handlungsfähig machen, aber zugleich dem geistigen Wettbewerb aussetzen, sind die Universitäten und Forschungsinstitute im Einzugsgebiet unserer Gesellschaft von Osnabrück bis Clausthal, um nur die West-Ost-

Dimension zu nennen. Sie sind heute durch den Präsidenten der Carolo-Wilhelmina, Herrn Prof. Bernd Rebe, den Präsidenten der FAL, Herrn Prof. Axel Munack, den neuen Vorstand der GBF Stöckheim, unser Mitglied Prof. Günther Maaß, und, wenn auch nicht ex officio, durch unser Mitglied Prof. Georg Müller, den früheren Rektor der Technischen Universität Clausthal und Historiker der BWG, vertreten, denen ich allen meinen herzlichen Gruß sage.

Sie tragen die Last der Haushaltskrisen, nicht zuletzt dank der so uneigennützigen Abtretung von Veranwortlichkeiten, mit denen Minister und Abgeordnete dem Kult der wissenschaftlichen Autonomie huldigen, um zugleich das undankbare Joch von Reduktion, Umverteilung und Schließung akademischen Korporationen auf die Schulter zu legen, deren Entscheidungsspielräume sie zuvor durch neue Einspruchsrechte mit Blockaden gelähmt haben. Gleichwohl ist mir deutlich, daß die Berufungspolitik der Universitäten und ihre Akzente, aber auch ihre Mißerfolge, auf lange Sicht das Wohl und Gedeihen einer Gesellschaft wie der unseren mit prägen.

Im Kreis der Akademien und wissenschaftlichen Gesellschaften finden wir unbeschadet aller Abstufungen und Bewertungen unsere engsten Nachbarn und Freunde, an deren Arbeitsmaßstäben und Zielen wir uns orientieren und mit denen wir uns vor allem dort gern messen, wo wir unsere eigenen Stärken und Besonderheiten haben. Mit großer Herzlichkeit begrüße ich deshalb heute hier den Präsidenten der Akademie gemeinnütziger Wissenschaften zu Erfurt, Herrn Prof. Werner Köhler, der zugleich die Leopoldina in Halle vertritt, deren frühere Präsidenten schon früh den Weg in die Dornse fanden, Herrn Prof. Matthias Schaefer als Vertreter der Akademie der Wissenschaften und der Literatur zu Mainz und unser Mitglied Herrn Prof. Ernst Ullmann als Vertreter der Sächsischen Akademie der Wissenschaften. Ich danke Ihnen für die Verbundenheit in der wissenschaftlichen Arbeit, in dem Bestreben, Neues zu erfinden, wie es Albrecht von Haller uns aufgegeben hat.

Meine herzlichen Grüße gelten nicht minder heute den anwesenden Mathematikern, die mit ihren Vorträgen und Diskussionsbeiträgen am heutigen Vormittag in der Alten Waage für die Laudatio auf den Preisträger das Fundament in der von ihm vertretenen Disziplin gelegt und zugleich seine Beiträge im Koordinatensystem der Mathematik bestimmt haben.

Für die musikalische Einstimmung danke ich sehr herzlich dem Collegium Musicum der Universität Hannover, das Herr Kollege Tietz für unsere Versammlung gewonnen hat.

Meine Grüße wandern nun gleichsam in das Innere des eigenen Kreises: sie gelten den anwesenden früheren Trägern der Gauß-Medaille, Herrn Prof. Heinz Beneking, und Herrn Prof. Hans Heinrich Voigt, der zugleich als Vertreter der Gauß-Gesellschaft in Göttingen eine uns wichtige Brücke schlägt; sie gelten allen Mitgliedern der Gesellschaft und ihren Angehörigen und Freunden, und sie gelten in ganz besonderer Weise dem heute zu ehrenden neuen Träger der Carl Friedrich Gauß-Medaille, Herrn Prof. Gerhard Frey, dem Mathematiker, der mit seinem beharrlichen Nachdenken und seinen gedanklichen Inventionen, um noch einmal bei Albrecht von Haller eine sprachliche Anleihe zu machen, nicht nur für sich selbst, sondern auch für andere Spuren zu neuen Lösungen gelegt und damit im Schulterschluß der Mathematik über Generationen hinweg begriffliche Schlüssel gefunden hat, die ein Problem lösbar werden ließen, für die mir in meinem Göttinger Amt mit großer Regelmäßigkeit Antworten aus der ganzen Welt auf meinen Schreibtisch flatterten, freilich nur, um sie zuständigkeitshalber an die Akademie weiterzuleiten. Diese konnte jedoch nur mit gleicher Regelmäßigkeit feststellen, daß sie den Stein der Weisen nicht enthielten, den Gerhard Frey dann doch für unsere Gegenwart vielleicht nicht einfach finden, aber sich ihm gedanklich so nähern konnte, daß es nur noch eine Frage der Zeit war, ihn zu finden. Das näher auszuführen, wird Sache unseres verehrten Kollegen Tietz sein, dem ich schon hier meinen Dank für die Würdigung des Preisträgers sage.

Mein Bericht über die Arbeit der BWG im letzten Jahr nennt an erster Stelle die Mitglieder, die unseren Weg nicht mehr begleiten. Wir trauern um acht verstorbene Mitglieder, von denen zwei zugleich frühere Präsidenten waren.

Am 14. August 1995 starb Helmut Beumann im Alter von 82 Jahren, ordentlicher Professor der Geschichte erst in Bonn, dann in Marburg, einer der großen Mediävisten der Nachkriegsjahrzehnte, der zugleich einer der historischen Wegbereiter unserer Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte war und in dem großen Forschungsvorhaben „Nationen" unseren Mitgliedern Joachim Ehlers und Bernd Schneidmüller den Weg zu ihren eigenen Projekten ermöglichte. Helmut Beumann war korrespondierendes Mitglied der BWG seit 1985.

Am 23. September 1995 starb Albrecht Unsöld im Alter von 90 Jahren, ordentlicher Professor der Theoretischen Physik, tatsächlich der Astrophysik, an der Universität Kiel seit 1932 und Leiter der dortigen Sternwarte, der als langjähriger Herausgeber der Zeitschrift „Astrophysik" ebenso wie durch seine eigenen Forschungsbeiträge internationale Anerkennung gewann und vielfach geehrt wurde. Albrecht Unsöld war seit 1946 ordentliches, seit 1951 korrespondierendes Mitglied der BWG.

Am 6. Oktober 1995 starb Hermann Blenk im Alter von 93 Jahren, einer der Pioniere der Luftfahrtforschung in Braunschweig, 1953 erster Präsident der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, seit 1955 ordentlicher Professor für Angewandte Mechanik an der Technischen Hochschule Braunschweig. Er gehörte zu den Großen, die Braunschweig als Standort der Flugforschung berühmt gemacht und die Grundlagen für die Kontinuität ihrer Sonderforschungsbereiche gelegt haben. Hermann Blenk war seit 1944 Mitglied der BWG, damit das letzte lebende Mitglied, das ihr seit der Gründung angehörte. Von 1967 bis 1971 versah er die Aufgabe unseres Präsidenten.

Am 26. Oktober 1995 starb Wilhelm Wortmann in Hannover im Alter von 98 Jahren, seit 1956 ordentlicher Professor für Städtebau, Wohnungswesen und Landesplanung der Technischen Hochschule Hannover, der mit seiner Arbeitsgruppe ‚Standortforschung' die Landesplanung in Niedersachsen maßgeblich beeinflußt und damit in unserer Zeit nicht zu jedermanns Freude Regionalgeschichte mit geschrieben hat. Er war 1960–61 Rektor seiner Hochschule und seit 1958 Mitglied der BWG.

Am 16. November 1995 starb Klaus Pieper im Alter von 82 Jahren, seit 1959 ordentlicher Professor für Hochbaustatik an der Carolo Wilhelmina, ein Bauingenieur, dessen

Engagement für die Lehre schwerlich übertroffen werden konnte und der zugleich von den Aufgaben des Wiederaufbaus in Lübeck ausgehend sich als Meister der Sicherung historischer Bauten von Braunschweig bis Neresheim entfaltete. Klaus Pieper, der seine Lebensleistung einer mit der Zeit zunehmenden Behinderung abrang, war Mitglied der BWG seit 1971, seit 1985 mit dem Blick auf seine zunehmende Unbeweglichkeit korrespondierendes Mitglied.

Am 28. Dezember 1995 starb Walther Killy im Alter von 78 Jahren, ordentlicher Professor der Deutschen Philologie in Berlin, Göttingen und Bern seit 1953, zuletzt 1978–1985 als Resident Fellow Leiter des Forschungsprogramms an der Herzog August Bibliothek in Wolfenbüttel. Walther Killy war einer der großen Literaturwissenschaftler seiner Generation, der selbst die Sprache als Kunstwerk beherrschte und nicht zögerte, an der neuen Übersetzung der Bibel mitzuarbeiten. Er vermittelte uns die Maßstäbe, um Kitsch und Literatur zu trennen. Walther Killy war Mitglied der BWG seit 1979.

Am 10. Februar 1996 starb Joseph König im Alter von 80 Jahren, der als Direktor des Niedersächsischen Staatsarchivs Wolfenbüttel von 1967 bis 1978 und Herausgeber des Braunschweigischen Archivs die Landesgeschichtsforschung mit seinen Arbeiten und seinem ermutigendem Urteil nachhaltig förderte. Joseph König war seit 1975 Mitglied der BWG.

Am 12. Februar 1996 starb im Alter von 87 Jahren Karl Heinrich Olsen, von 1962 bis 1971 Generalsekretär der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig und seit 1958 Professor der Wirtschaftsgeographie an der Technischen Hochschule, von 1959 bis 1965 auch Präsident der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Olsen richtete seine Forschungen auf die großen Agrarregionen Europas; aber seine große Liebe als Stadtforscher wandte er der Stadt Rom zu, der er fast ein Dutzend eigenständiger Veröffentlichungen widmete. Seit 1967 Mitglied der BWG, war er 1973–74 Vorsitzender der Klasse für Bauwissenschaften, 1975–1981 Generalsekretär und 1981–1987 Präsident der Gesellschaft. Mit dem ihm nachgerühmten Ideenreichtum als Pragmatiker und seinem konstruktiven Realitätssinn gab er der BWG neuen inneren Zusammenhalt und wies ihr den Weg zu neuen, von Kommissionen getragenen Aufgaben, die der Gesellschaft Respekt und Anerkennung gerade auch im Kreis der Akademien einbrachten.

Meine Damen und Herren, Sie haben sich zu Ehren der toten Mitglieder des letzten Jahres erhoben. Ich danke Ihnen.

Über die innere Zusammensetzung der Gesellschaft berichte ich, daß Herr Prof. Werner Leonhard, der Präsident der Jahre 1993–1995, die Amtsgeschäfte an mich übergeben hat, nachdem mich das Plenum der Gesellschaft am 8. Dezember 1995 zu seinem Nachfolger gewählt hatte. Im Vorsitz der Klassen trat insofern kein Wechsel ein, als Herr Prof. Claus-Artur Scheier für die Klasse der Geisteswissenschaften für die Jahre 1996–1998 erneut zum Vorsitzenden gewählt wurde.

Als neue Mitglieder wählte das Plenum der BWG:

in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften als ordentliche Mitglieder

- Prof. Dr.rer.nat. Dietmar Brandes,
  Direktor der Universitätsbibliothek Braunschweig

und

- Frau Prof. Dr. rer. nat. Brigitte Jockusch,
  Universitätsprofessorin und Inhaberin des Lehrstuhls für Zoologie an der Technischen Universität Braunschweig

in der Klasse für Ingenieurwissenschaften als ordentliches Mitglied

- Prof. Dr.-Ing. Manfred Lindmayer,
  Universitätsprofessor und Inhaber des Lehrstuhls für Elektrische Energieanlagen an der Technischen Universität Braunschweig

sowie als korrespondierende Mitglieder

- Prof. Dr.-Ing. Hermann-Christian Kärner,
  Universitätsprofessor und Inhaber des Lehrstuhls für Hochspannungstechnik an der Technischen Universität Braunschweig

und

- Prof. Dr. David G. Crighton, FRS,
  ordentlicher Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Cambridge, Gauß-Preisträger des Jahres 1995.

Der Gesellschaft gehörten am 31.5.1996 117 ordentliche Mitglieder in Osnabrück, Hannover, Hamburg, Clausthal, Göttingen und Braunschweig an, davon 77 unterhalb der Altersgrenze von 70 Jahren. Die Zahl der korrespondierenden Mitglieder belief sich zum gleichen Zeitpunkt auf 67. In meinen Augen wird es darauf ankommen, im Rahmen der in diesen Jahren sich vollziehenden Neubesetzung der Professorenstellen frühzeitig Persönlichkeiten zu gewinnen, um die Arbeit der BWG Schritt mit der wissenschaftlichen Entwicklung halten zu lassen.

Im Berichtsjahr 1995–96 sind das Jahrbuch 1995 und der Band 46 der Abhandlungen erschienen, stets eine besondere Leistung unseres Generalsekretärs und seiner Umsicht in der Betreuung von Referenten und Manuskripten.

Die Vorträge in den neun Plenarsitzungen der BWG in Clausthal, Hannover und Braunschweig begannen mit einem Bericht über das CUTEC-Institut in Clausthal und seine Bedeutung für die Umwelttechnik; ein anderer zeichnete die Entwicklungslinien des Umweltrechts nach. Optimierungsprobleme in der Mechanik und Heißgasentstaubung ließen die Techniker zu Wort kommen, Kreuzungsprobleme für Graphen den Mathematiker, aber in der Diskussion erwies sich fast regelmäßig, daß der Funke auf Vertreter anderer Disziplinen übersprang, so daß sich in den interdisziplinären Dialog höchst unterschiedliche Fachvertreter einschalteten. „Der falsche Platz", ein als Herausforderung gedachter Titel, behandelte ein Sprachmittel der Architektur in der frühen Neuzeit, während „Das Lernen des Wählens im Mittelalter" die mittelalterlichen Wurzeln unseres heutigen Wahlrechts aufzeigen sollte. Schließlich bot das Contihaus in Hannover den Ort, um an „Numerischen Küstenmodellen im Dienste der Klimawirkungsforschung" die aktive Teilhabe unserer Kollegen an der Küstenforschung an Nord- und Ostsee, aber auch neue Leistungssprünge im Einsatz der Informatik in der differenzierten Modellierung von Meeres- und Windbewegungen zu erfahren.

Die Vorträge in den Klassensitzungen ergänzten das Programm; ich beschränke mich hier auf einige illustrierende Titel, die auch den Laien ansprechen können.

- Pflanzen und Insekten: ein Beispiel für coevolutive, biochemische Anpassung
- Werkstoffermüdung
- Dreidimensionale Simulation wandernder Lichtbögen
- Energie, Umwelt, Klima
- Humor bei Caesar

Aus der Arbeit der Kommissionen kann ich zunächst eine erfreuliche Nachricht präsentieren: das seit langem geplante Kolloquium über Normen des Rechts und Normen als technische Regeln wird am 21. Juni dank der Vorbereitung durch die Herren Scheer und Thieme Richter und Ingenieure, Rechtswissenschaftler und Ingenieurwissenschaftler unter dem Titel „Begriff und Funktionen von Normen in der Ingenieurwissenschaft und im Recht" zusammenführen und, wie wir zuversichtlich hoffen, zu einem besseren wechselseitigen Verständnis führen, das der divergierenden Entwicklung gleichlautender Begriffe Einhalt gebietet. Die BWG wird sich bemühen, ihre juristische Kompetenz durch Zuwahlen in die Kommission und in den Kreis der Mitglieder zu mehren, um das Miteinander von Juristen und Ingenieuren, von rechtlichen Kategorien und ingenieurwissenschaftlichen Regelungsbegriffen von den Fallstricken des heutigen Alltags zu befreien.

Die Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte, die durch ihre breit angelegten Kolloquien von Magdeburg über Goslar nach Halberstadt hohe Anerkennung gefunden hat und deren Publikationen ein Aushängeschild der BWG bilden, das vor allem der Zusammenarbeit von Martin Gosebruch und Karl Heinrich Olsen verdankt wird, hat ihre Arbeiten im Frühjahr 1996 vorläufig beenden müssen, nachdem Prof. Ernst Ullmann (Leipzig) das Amt des Vorsitzenden aus Gesundheitsgründen niederzulegen gezwungen war. Da es der Klasse für Geisteswissenschaften nicht möglich war, einen neuen Vorsitzenden zu finden, hat das Plenum auf ihren Vorschlag hin beschlossen, das Mandat der bisherigen Kommission auslaufen zu lassen, aber an der Aufgabe als Aufgabe der Gesellschaft festzuhalten. Die Kommission hat durch ihre Arbeitsbündnisse zwischen Kollegen, zwischen Disziplinen und fachlichen Spezialisierungen von Schweden bis Italien und Polen wissenschaftliche Ergebnisse publiziert, die so schnell nicht überholt sein werden.

Für den notwendigen Neuanfang habe ich seinerzeit den Kommissionsmitgliedern geschrieben, daß man ihn dann planen sollte, wenn die personelle Konstellation der Fächervertretung vor Ort wieder deutliche Konturen angenommen habe, nicht ahnend, daß der von mir als Eckpfeiler aller künftigen Kommissionsarbeit angesehene Lehrstuhl für

Kunstgeschichte mit seiner Tradition, seiner Ausbildungsleistung und seinen Sammlungen gefährdet sein könnte. Eine Kommission für Niedersächsische Bau- und Kunstgeschichte bedarf als Basis vor Ort eines Kunsthistorikers, der von der Denkmalpflege von Hannover bis Magdeburg und Halle ebenso als Partner anerkannt wird wie von seinen Kollegen in der Fakultät für Bauwesen, deren Vertreter für den Erhalt historischer Bauten von Klaus Pieper bis Justus Herrenberger Herausragendes geleistet haben. Als Präsident der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft appelliere ich deshalb an alle Verantwortlichen, der Kunstgeschichte an der Technischen Universität ihre Zukunft zu bewahren, die sie in einer durch große Bauwerke und Kunstsammlungen ausgezeichneten vormaligen Residenz, aber auch der mit der Einheit wiedergewonnenen Kunstlandschaft Sachsen vor Ort verdient. Mein Appell ist weder Bevormundung noch Einmischung, sondern das Aufzeigen einer Konsequenz, die in der Binnendiskussion allzuleicht übersehen wird. Mir ist sehr wohl deutlich, daß die Haushaltskrisen des Landes den Universitäten Opfer zumuten, die noch weit jenseits des vor 9 Jahren, 1987, als allzu hart, unangemessen und irrational beurteilten Aderlasses liegen, und daß Einschnitte Berufungen mit ihrem notwendigen Innovationsaufwand erschweren, wenn nicht unmöglich machen, aber ich sehe neben dem unmittelbaren Schaden auch den mittelbaren, der nicht sofort zu Tage tritt. So wie Sonderforschungsbereiche von dem Überschuß an Forschungswillen zehren, der dem Alltag in Lehre, Prüfung und Verwaltung als Freiheit abgerungen wird, so zehrt eine wissenschaftliche Gesellschaft davon, daß der jetzigen wie der künftigen Gelehrtengeneration in allen Wissenschaften ein Freiraum verbleibt, der ihnen Entfaltung in der Wissenschaft auch jenseits von Lehrevaluation, Vorlesungsplan und Prüfungsgegenständen erlaubt. Das ist es, was Mathematiker, Ingenieure, Natur- und Geisteswissenschaftler wechselseitig in die Arbeit unserer Gesellschaft einbringen können und sollen. Und es wäre fatal, wenn im Zeichen von Stellenabbau und Mittelverkürzung diese in der Optik außeruniversitären Folgen nicht als universitäre Selbstbeschädigung erkannt würden.

Meine Damen und Herren, im Mittelpunkt des heutigen Tages steht die Verleihung der Carl Friedrich Gauß-Medaille und damit die Auszeichnung eines Gelehrten, der den Mut hatte, Neues zu denken und zu erfinden. Er stand indirekt schon im Mittelpunkt des Kolloquiums der Mathematiker am Vormittag; er rückt jetzt in das Zentrum unserer aller Aufmerksamkeit, wenn ich Herrn Kollegen Tietz das Wort zur Würdigung von Gerhard Frey erteile.

HORST TIETZ, Hannover

Laudatio zur Verleihung der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1996 an Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Frey

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Um Ihnen über die Forschungen unseres Gauß-Medaillisten zu berichten, die heute – zurückdatiert auf den 30. April, den 219. Geburtstag von Carl-Friedrich Gauß – von der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gewürdigt werden, möchte ich weit ausholen. Das hat einen doppelten Zweck:
zum einen haben wegen der Vielschichtigkeit der hier vertretenen Interessen manche der Anwesenden mit Mathematik nicht viel im Sinn, ja sie bringen ihr vielleicht eine solche Hochachtung entgegen, daß sie sich am liebsten in sicherer Distanz zu ihr halten; jedenfalls sollten wir, da wir heute einen Mathematiker ehren, als Dank für das durch Ihrer aller Besuch bekundete freundliche Interesse an unserer Feierlichen Jahresversammlung den Vorhang, der das Heiligtum verhüllt, ein wenig lüften; denn das Werk von Herrn Frey fordert geradezu auf, den wissenschaftsgeschichtlichen und wissenschaftstheoretischen Hintergrund sichtbar zu machen, auf dem es wächst und von dem aus es den Aufstieg auf unbezwingbar scheinende Gipfel gewiesen hat und gleichzeitig Wege erkennen läßt für den Zugriff auf neue Gebiete;
zum anderen möchten wir die Gelegenheit nutzen und Reklame für die Mathematik machen: wir wollen das einzigartige Spannungsfeld skizzieren, das sie als *reine Geistes-* und *als omnipotente Anwendungswissenschaft* auszeichnet! Vielleicht gelingt es, bei dem Einen oder Anderen hier im Saal das geheime „republikanische" Motiv für die Distanz zur Königin der Wissenschaften, nämlich ihr die Guillotine an den Hals zu wünschen, umzupolen in Goethes mehr ästhetische Distanz: *„Die Sterne, die begehrt man nicht, man freut sich ihrer Pracht!"*

$$a^2 + b^2 = c^2$$

antwortete unser Kultusminister kürzlich bei einem Interview auf die Frage, ob er denn noch den Satz des Pythagoras wisse. In dieser scherzhaften Form ist das bestenfalls eine sinnlose Merkregel; einen Sinn bekommt die Formel, eine quadratische Gleichung in 3 Unbekannten, erst durch den geometrischen Satz, daß ein Tripel (a,b,c) reeller Zahlen dann und nur dann die Gleichung löst, wenn a,b,c die Längen der Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks sind. Hier fließen Geometrie und Algebra auf schönste Weise zusammen. Eine solche Zusammenschau zweier Disziplinen ist fruchtbar oder aber auch hinderlich, je nachdem wie geschickt sie verwendet wird. Faßt man nämlich zu obiger Gleichung Algebra und Geometrie als untrennbar auf, so hat man eben diesen berühmten Satz, aber der Weg ist hier zuende. Fragt man jedoch nach solchen speziellen Lösungen der Gleichung, die *natürliche*, d.h. positive ganze Zahlen sind, so tritt die geometrische Deutung in den Hintergrund, und man hat eine echtes Problem der **Zahlentheorie:** *Bestimmung* *aller pythagoräischen Tripel natürlicher Zahlen.* Dies Problem wurde von den alten Griechen gestellt und gelöst: *es gibt unendlich viele wesentlich verschiedene solche Tripel, die man explizit angeben kann;* am bekanntesten ist (3,4,5), weniger bekannt (5,12,13).

In seiner *Arithmetica* hat sich (um + 270) **Diophant** von Alexandria allgemeiner mit Gleichungen befaßt, die mit natürlichen Zahlen gelöst werden sollen; er gibt insbesondere an, daß man für die Gleichung vierten Grades

$$x^4 + y^4 + z^4 = u^2$$

unendlich viele Lösungen erhält, wenn man von einem pythagoräischen Tripel (a,b,c) ausgeht und $x = ab$, $y = bc$, $z = ca$ und $u = c^4 - a^2b^2$ setzt; beispielsweise führen die vorher angegebenen pythagoräischen Tripel auf die beiden Lösungen

$$x = 12, y = 20, z = 15, u = 481 \text{ bzw. } x = 60, y = 156, z = 65, u = 24961.$$

Seither nennt man Gleichungen, die in natürlichen Zahlen gelöst werden sollen, *diophantisch.*

Der französische Jurist und geniale Mathematik-Amateur **Pierre de Fermat** (1601–1665) stellte bei der Lektüre von Diophants Arithmetica die Frage: *„Weshalb suchte Diophant (statt 3) nicht 2 vierte Potenzen, deren Summe ein Quadrat ist? – Dies Problem ist tatsächlich unlösbar!"* Hieraus folgert Fermat sofort, daß es auch für die diophantische Gleichung

$$x^4 + y^4 = z^4 (= (z^2)^2)$$

keine Lösung geben kann!

Damit war die Jagd auf alle höheren Potenzen eröffnet: Fermat selbst stellte die berühmte Vermutung auf, daß ***für beliebige Exponenten n > 2 die diophantische Gleichung***

$$x^n + y^n = z^n$$

keine Lösungen besitzt, und er behauptete sogar, „eine wahrhaft wunderbare Beweisführung entdeckt" zu haben!

Diesen oder einen anderen Beweis zu finden, haben sich seitdem in 350 Jahren die mutigsten Amateure und klügsten Methematiker bemüht. Für viele Exponenten gelangen spezielle Beweise (Gauß für $n = 3$ und $n = 5$); jedes n erforderte aber dabei eine eigene Methode, ja es schien denkbar zu sein, daß es keinen für alle n simultan gültigen Beweis gebe, auch wenn für jedes einzelne n ein spezieller Beweis gefunden werden könne –, analog wie die Aussage, daß alle Menschen sterblich sind, nur durch Bestätigung in jedem einzelnen Fall verifizierbar ist –, diese Möglichkeit also, daß der „Große Fermat" richtig, aber nicht beweisbar sei, war für die theoretische Logik eine ungeheure Herausforderung – und ein wesentliches Motiv für den sog. *Intuitionismus.*

Aber **David Hilbert** brachte das Gesamtproblem wieder in den Blick, indem er im Jahre 1900 auf dem Internationalen Mathematiker-Kongreß in Paris unter den 23 Problemen, die seinen Fachkollegen als Wegweiser in das 20. Jahrhundert dienen sollten, im 10. Problem die Aufgabe stellte:

„gegeben eine diophantische Gleichung mit beliebig vielen Unbekannten und mit ganzzahligen Koeffizienten: man entwickle eine Methode, die gestattet, in endlich vielen Schritten zu entscheiden, ob die Gleichung in natürlichen Zahlen lösbar ist!“

Soviel hatte Gauß wohl nicht gefordert, als er am 21. März 1816 seinem Freund Olbers schrieb:

„Ich gestehe zwar, daß das Fermatsche Theorem als isolierter Satz für mich wenig Interesse hat. ... Allein ich bin überzeugt, wenn das Glück mehr tun sollte, als ich erwarten darf, und mir einige Hauptschritte (in einer großen Erweiterung der höheren Arithmetik) glücken, auch der Fermatsche Satz als ein der am wenigsten interessanten Corollarien dabei erscheinen wird.“

Doch Hilberts 10tes Problem erwies sich als zu unbescheiden! Logiker bewiesen im Jahre 1982: *„kein Algorithmus kann entscheiden, ob eine beliebige diophantische Gleichung in 9 oder mehr Unbekannten lösbar ist!“*

Die magische Grenze zwischen Entscheidbarkeit und Unentscheidbarkeit verläuft also zwischen 4 und 8 Variablen! – Doch Fermat, und wohl auch Gauß, bleiben mit 3 Unbekannten diesseits dieser Grenze, und die Hoffnung aller Fermatisten, für die der reiche Mathematiker Wolfskehl 1906 einen Preis von 100.000 Goldmark ausgesetzt hatte, blieb noch ungetrübt: das Fermatsche Problem ist, wie Dorian Goldfeld schreibt *„knusprig, sauber, leicht zu formulieren, scheinbar nutzlos und wahnsinnig schwer zu lösen!“*

Fruchtbar ist wieder die geometrische Sicht. Schreibt man nämlich die pythagoräische Gleichung um, indem man $x = a/c$, $y = b/c$ setzt, so erhält man

$$x^2 + y^2 = 1,$$

die Gleichung eines Kreises, und aus den pythagoräischen Tripeln werden seine *rationalen Punkte,* d.h. solche Punkte, deren Koordinaten Brüche aus ganzen Zahlen sind.

Dieser Ansatz übersetzt analog das Fermatproblem in die *Frage* nach *allen rationalen Punkten, die auf der **algebraischen Kurve***

$$x^n + y^n = 1$$

liegen, und seine Behauptung besagt, daß *es **nur für n = 2** solche Punkte geben kann!*

Den Sprung von *unendlich vielen* Punkten für $n = 2$ zu *keinem* Punkt für $n > 2$ schwächte der englische Mathematiker **Mordell** ab, indem er die Vermutung aufstellte, daß es für jedes *n > 2 nur endlich viele* solcher Punkte gebe. Es war eine Sensation, als **Faltings** vor 13 Jahren der Beweis dieser Vermutung gelang. Aber für den Sprung von *„endlich viele“* zu *„kein“* kam man nicht weiter, bis ...,

ja bis vor 10 Jahren Gerhard Frey einen ganz anderen Zusammenhang mit der algebraischen Geometrie herstellte, der einen neuen Weg auf den Fermatberg eröffnete! – Dieser Weg ist nun geschafft, und es liegt eine neue große Theorie vor, in der sich Algebra, Zahlentheorie und Geometrie zu einem so komplizierten Gebäude verbinden, daß Sie selbst, lieber Herr Frey, meinen: sie *„macht eine tiefe strukturelle Aussage über* *elliptische Kurven, die tatsächlich eine neue Landschaft in der Mathematik eröffnet, deren Bedeutung aber einem Nichtfachmann sehr viel schwerer zu erklären ist".* Daher möchte ich, selbst „Nichtfachmann" in engerem Sinn, gar nicht erst den Versuch wagen, in diese Tiefe einzutauchen. Ich vermute aber, daß Ihr Festvortrag uns in diese „neue Landschaft" führen und uns zeigen wird, welche Anwendungen diese Theorie leistet.

Ich kann hier nur soviel erwähnen, daß es eben ***elliptische Kurven*** sind, zu denen Frey gewisse diophantische Gleichungen, darunter die Fermatschen, in Beziehung gesetzt hat, und damit die Kraft einer seit Gauß hochaktuellen und mächtigen Theorie, in der sich Analysis, Algebra und Arithmetik immer wieder gegenseitig befruchten, erschloß und gleichzeitig ein neues Forschungsfeld eröffnete. **Andrew Wiles** schreibt, daß dieses große Programm durchgeführt werden konnte, *stimulated by an ingenious idea of Frey!*

Elliptische Kurven werden durch Gleichungen der Form

$y^2 = P(x)$, wobei P ein Polynom vom Grad 3 oder 4 ist,

beschrieben. Frey verbindet nun mit der Fermat-Gleichung

$$a^n + b^n = c^n$$

die elliptische Kurve

$$y^2 = x(x - a^n)(x + b^n);$$

diese, seither in der Literatur als ***Frey-Kurven*** bezeichneten Gebilde, haben aber, *falls a,b,c natürliche Zahlen sind, „so exzellente Eigenschaften"*, daß sie *in sich widersprüchlich* sind: mit anderen Worten: falls Fermat mit seiner Vermutung im Unrecht ist, existiert die zugehörige Frey-Kurve nicht! Dieser Widerspruch löst sich nur dadurch auf, daß die angenommene Beziehung zwischen a,b und c nicht bestehen kann; das beweist den Fermatschen Satz!

Unser Laureat schreibt selbst:

Die Reaktionen der mathematischen Welt ... waren natürlich sehr heftig. Während ein Kollege von der „Beseitigung eines öffentlichen Ärgernisses" sprach, sagte mir ein anderer, daß er das Gefühl habe, daß ein alter Freund gestorben sei.

Diese Bandbreite der Emotionen hat sicher mit der Einschätzung der Bedeutung von Fermats Vermutung in der Mathematik zu tun. Als Ergebnis ist der Fermatsche Satz nicht übertrieben interessant; ich kenne keine einzige ernsthafte Folgerung, die man aus ihm ziehen kann. Als Herausforderung hat die Vermutung aber außerordentlich stimulierend gewirkt. Selbst falsche „Beweise" haben oft zu tiefen Einsichten in neue Gebiete der Mathematik geführt, und oft hat Fermats Vermutung als sehr gutes Testobjekt für die Kraft neuer Theorien gedient. – Außerdem sollte man einen anderen Effekt nicht unterschätzen: Viele Menschen, die sich zur Mathematik hingezogen fühlen, waren von Fermats Vermutung fasziniert. ... Es ist auch heute noch möglich (wenn auch nicht sehr wahrscheinlich), daß ein „einfacher" Beweis für Fermats Vermutung, die jetzt ein Satz ist, gefunden werden kann.

Nun noch einige Worte über die **Persönlichkeit von Gerhard Frey:** Sie wurden 1944 im schönen Odenwald geboren und haben Ihre wissenschaftliche Ausbildung in Tübingen und Heidelberg erhalten, im Schlepptau Ihres Lehrers **Roquette,** bis zur Habilitation 1973; danach folgten Sie für zwei Jahre Ihrem Heidelberger Freund **Geyer** nach Erlangen – beide Herren, die heute Vormittag ganz wesentlich unsere Vortragsveranstaltung getragen haben, dürfen wir hier herzlich begrüßen – für diese berühmte Schule, die Sie, lieber Herr Roquette, aufgebaut haben, beglückwünsche ich Sie ganz besonders, steht doch hinter Ihnen Allen auch der große Name meines Freundes **Zassenhaus,** dessen Schüler werden zu können, mir nicht vergönnt war. – Dann war Herr Frey 15 Jahre lang in Saarbrücken, wo man ihn, wie er schreibt, *bei sehr guten Bedingungen und in anregender Atmosphäre in Ruhe arbeiten ließ.* Seit 1990 sind Sie nun in Essen, und die Universitäten, durch die Sie Ihr Weg führte, waren auch die bevorzugten Ziele, die Hans Zassenhaus so oft nach Deutschland zogen, und ich vermute, daß es diese Verbindung zu ihm gewesen ist, die Sie veranlaßt hat, Ihr Essener Institut der **Experimentellen Mathematik** zu verschreiben, deren frühester und steter Promotor Zassenhaus gewesen ist! Viele Ihrer zahlreichen Auslandsaufenthalte stehen mit Zassenhaus in Zusammenhang.

Sie bezeichnen sich selbst als glücklichen Menschen, weil Sie in eine „goldene" Zeit hineingewachsen sind, in der sich Ihnen klare Ziele boten und Sie nie zu anderen Wegen gezwungen waren. Das Glück, das Sie so dankbar empfinden, möge Ihnen und Ihrer Familie gewogen bleiben. Das ist unser aller Glückwunsch zu Ihrem Geburtstag, den Sie vor zwei Wochen gefeiert haben, und vielleicht werten Sie die Gauß-Medaille, die Ihnen der Herr Präsident nach dem folgenden Adagio überreichen wird, nicht nur als wohlverdient, sondern auch als eine weitere Manifestation des Glückes auf Ihrem Lebensweg!

Prof. em. Dr. phil. H. Tietz
Röddinger Straße 31 · 30823 Garbsen

GERHARD FREY

Public-Key-Kryptosysteme und Arithmetische Geometrie

Institut für Experimentelle Mathematik
Universität Essen

Herr Präsident, sehr geehrte Damen und Herren!

Ich möchte mich zunächst ganz herzlich für die große Ehre bedanken, die die Verleihung der Gauß-Medaille für mich darstellt.

In der sehr freundlichen Begründung beziehen Sie sich auf die Lösung des Fermatschen Problems, das zweifellos zu den berühmtesten Fragen der Mathematik gehört, und tatsächlich haben wir Mathematiker allen Grund zu feiern: Der (weitgehende) Beweis der Taniyama-Vermutung für elliptische Kurven durch Andrew Wiles ist ein Jahrhunderterereignis in unserer Wissenschaft; daß für ihn dazu die Fermatsche Vermutung ein beflügelnder Antrieb war und daß ich ein wenig zu dieser Motivierung beitragen konnte, erfüllt mich mit Freude.

Ich bin sicher, daß dieser Beweis der Fermatschen Vermutung auch Gauß gefallen hätte: Nicht Zufälligkeiten oder unzählige Fallunterscheidungen, sondern tiefe, strukturelle Aussagen über elliptische Kurven führen zum Ziel, und diese Aussagen wiederum beruhen auf arithmetischen Eigenschaften der Galoisgruppe der rationalen Zahlen, die regiert werden von der Theorie der Modulformen, wie es die viel kühnere und allgemeine "Langlands-Philosophie" voraussagt.

Der Wiles'sche Beweis der Taniyama-Vermutung und damit auch der Fermat-Vermutung bestätigt eindrucksvoll die Kraft der uns zur Verfügung stehenden Methoden der Arithmetischen Geometrie, die Zahlentheorie, Geometrie und Funktionentheorie zu einem fruchtbaren Zusammenspiel bringt; daß diese Theorie sich immer weitere Anwendungsfelder auch im "praktischen Leben" erschließt, hätte Gauß vielleicht überrascht, aber sicher nicht befremdet, ist er doch immer der Verbindung von Mathematik und ihren Anwendungsmöglichkeiten aufgeschlossen gegenübergestanden.

Über eine dieser Anwendungsmöglichkeiten möchte ich jetzt berichten. Sie beruht auf der *Digitalisierung* der Nachrichtenübertragung, und diese, von

[1]Ausarbeitung eines Vortrags anläßlich der Verleihung der Gauß-Medaille 1996

Ingenieuren getroffene Entscheidung, öffnet die Theorie und Praxis der Datenübertragung für mathematische Methoden aus der *diskreten* Mathematik, also auch für Methoden aus der Arithmetischen Geometrie. Ein besonders fruchtbares Feld ist dabei die *Datensicherheit*, in das wir unsere Kenntnisse aus der arithmetischen Geometrie, z.B. über elliptische Kurven und Modulkurven, einbringen wollen.

1 Public-key-Kryptosysteme und Diskrete Logarithmen

Die Sicherheit bei der Übertragung und Speicherung von Daten setzt zunächst Zuverlässigkeit der verwendeten Geräte und Netze voraus, sie verlangt das Vermeiden von Übertragungsfehlern, und sie fordert schließlich die Nichtmanipulierbarkeit der Daten, z.B. sollen Verfälschungen von Inhalt, Absender, Empfänger und nichtautorisierte Weitergabe von Daten ausgeschlossen werden. Darüber hinaus soll die Kommunikation aber offen, unkompliziert und vor allem schnell und billig sein.

Die Verwirklichung dieser Ziele ist nur erreichbar, wenn schon bei dem Entwurf der Kommunikationssysteme im Hard- und Softwarebereich, ausgehend von den Anforderungen und spezifischen Eigenarten der Anwender, eng zwischen Ingenieuren (die z.B. für die Zuverlässigkeit kompetent sind), Informatikern und Mathematikern zusammengearbeitet wird. Dabei können die Mathematiker bei der Entwicklung schneller Algorithmen (z.B. für die Arithmetik sehr großer Zahlen), bei der Fehlervermeidung durch Codierungstheorie und eben auch bei der Fälschungs- und Abhörsicherheit durch den Einsatz von kryptographischen Methoden wichtige Beiträge liefern.

Ich möchte jetzt auf den zuletztgenannten Aspekt näher eingehen. Grundsätzlich stellt die Kryptographie Algorithmen bereit, die allgemein lesbare Daten zu "verschlüsselten" Daten transformieren, die dann nur noch von autorisierten Personen "entschlüsselt" und damit wieder lesbar gemacht werden können. Seit langem sind dazu sogenannte symmetrische Verfahren entwickelt worden, die darauf beruhen, daß die Kommunikationspartner *gemeinsam* ein Verschlüsselungs- und Entschlüsselungsverfahren (das z.B. Methoden aus der Kombinatorik oder Gruppentheorie verwendet) besitzen und benützen, das sonst niemandem bekannt ist.

Diese Verfahren arbeiten schnell, einfach und sind sehr sicher, falls - und das ist das große Problem - die Schlüssel wirklich geheim bleiben. Dies verursacht vor allem bei der Schlüsselübergabe Probleme, insbesonders, wenn viele Kommunikationspartner betroffen sind.

Sehr elegant wird diese Aufgabe von Public-key-Kryptoverfahren umgangen: Es gibt pro Partner zwei Schlüssel: Einer ist geheim und nur ihm bekannt, ein zweiter ist öffentlich; die Kommunikation geschieht mit Hilfe der öffentlichen Schlüssel, die Auswertung benutzt den geheimen Schlüssel.

Die bekannten Public-key-Verfahren haben gegenüber symmetrischen Verfahren den Nachteil, langsamer zu sein. Ihr Anwendungsbereich ist dementsprechend zu begrenzen: Sie können zum *Schlüsselaustausch* für symmetrische Verfahren verwendet werden, vor allem aber können sie zu *Authentifikationen* (von Absender, Inhalt, Adressat) von Botschaften verwendet werden. Dieses Authentifizieren wird zunehmend an Bedeutung gewinnen, z.B. bei der Erteilung von Zugangsberechtigungen zu Netzen und Datenbanken, bei "elektronischen Unterschriften", beim Abschluß von Versicherungen, bei der Schadensregulierung $\cdots$.

Grundlegend für alle Public-key-Verfahren ist das Konzept von "Falltürfunktionen": Dies sind Abbildungen, die sehr schnell ausgewertet werden können, bei denen aber die Umkehrabbildung zwar existiert, jedoch praktisch nicht berechnet werden kann.

Es werden also Funktionen

$$f : A \longrightarrow B$$

gesucht, für die für alle $a \in A$ der Wert $f(a) = b$ schnell berechnet werden kann, für die aber für gegebenes b das Argument a, für das $f(a) = b$ gilt, nur sehr schwer bestimmt werden kann.

Realistische Forderungen sind: Die Berechnung von $f(a)$ benötigt auf einem gängigen PC etwa 100 ms, die Umkehrung dauert, unter Verwendung aller verfügbaren Rechenressourcen der Welt, mindestens 1000 Jahre!

Es ist klar, daß die erste Bedingung aus der Konstruktion zwingend folgen muß, sehr schwierig ist es, die zweite Bedingung zu gewährleisten. Man kann immer nur Aussagen über die Sicherheit des verwendeten Systems "nach bestem Wissen und Gewissen", basierend auf dem heutigen Kenntnisstand und der jetzigen Rechnertechnologie machen, und deshalb sollte das gewählte Kryptosystem so flexibel sein, daß es ohne großen Aufwand verändert werden kann.

Ein Beispiel dazu: Ein weit verbreitetes Verfahren, das sogenannte RSA-Verfahren, benutzt für f eine Funktion, deren Umkehrung die Faktorisierung von Zahlen der Form $n = p_1 \cdot p_2$ erfordert, wobei n bekannt und p_1 und p_2 unbekannt sind. Dabei sind p_1 und p_2 etwa gleich große Primzahlen, also ungefähr gleich $\sqrt{n}$. Die naive Methode würde $\sqrt{n}$ Versuche zur Faktorisierung benötigen, und für $n \approx 10^{40}$ wäre damit unsere Sicherheitsbedingung erfüllt: Es sind probabilistisch 10^{20} Versuche zur Berechnung von Urbildern von f notwendig.

In den letzten Jahrzehnten wurden, unter Benutzung von Ergebnissen der algebraischen Zahlentheorie und auch der arithmetischen Geometrie, aber immer effektivere Methoden für das Faktorisieren von Zahlen gefunden. Für Kenner seien die Stichworte "Algebraic number sieve" und "Index-Calculus-Verfahren" genannt. Deshalb werden heute beim RSA-Verfahren Zahlen n mit über 300 Dezimalstellen (1024 bits) verwendet, und es ist abzusehen, daß bald auf 2048 bits gegangen werden muß. Dies macht natürlich sowohl die Erzeugung als auch die Verwaltung der Schlüssel (das sind die geheimen Primzahlen p_1 und p_2) immer aufwendiger, außerdem wird durch die Größe der Zahlen die Schnelligkeit des Verfahrens beeinträchtigt.

Diese Probleme treten gegenwärtig bei dem Verfahren, das ich jetzt vorstellen will, noch nicht auf.

Die erste Beobachtung, die wir benötigen, ist: In jeder Gruppe A, in der man die Gruppenaddition $+$ überhaupt berechnen kann, ist die Vielfachenbildung schnell: Wählen wir $P_0 \in A, n \in \mathbb{N}$ und definieren wir

$$f_{P_0}(n) := n \cdot P_0,$$

so ist f_{P_0} durch höchstens $2\log_2(n)$ Additionen in A berechenbar. Dies sieht man ein; indem man z.B. n in 2-adischer Ziffernentwicklung in der Form

$$n = \sum_{i=0}^{\log_2(n)} \varepsilon_i 2^i \text{ mit } \varepsilon_i \in \{0,1\}$$

darstellt und beachtet, daß

$$n \cdot P_0 = \sum_{\substack{i=0 \\ \varepsilon_i \neq 0}} P_i$$

mit $P_{i+1} = 2P_i$ ist.

Damit können wir auch leicht einen *Public-key-Schlüsselaustausch* zwischen zwei Partnern C_1 und C_2 organisieren: Öffentlich werden die Gruppe A und das Element P_0 bekannt gemacht. Geheim halten C_1 die Zahl k_1 und C_2 die Zahl k_2, wiederum öffentlich sendet C_1 das Gruppenelement $P_1 = k_1 \cdot P_0$ an C_2, C_2 das Gruppenelement $P_2 = k_2 \cdot P_0$ an C_1. Wenn nun C_1 den Punkt P_2 mit seiner Schlüsselzahl k_1 multipliziert und C_2 das Entsprechende mit P_1 macht, haben beide dasselbe Element $P = k_1 \cdot k_2 \cdot P_0$ erhalten, sie haben also einen gemeinsamen Schlüssel.

Da Außenstehende P_0, P_1 und P_2 kennen, hängt die Sicherheit dieses Schlüsselaustausches in offensichtlicher Weise von der Güte der Funktion f_{P_0} als

Falltür-Funktion ab: Es sollte unmöglich sein, z.B. aus P_1 die Zahl k_1 zu bestimmen.

Aus theoretischen und rechentechnischen Gründen ist es sinnvoll, A als zyklische Gruppe von Primzahlordnung p zu wählen, also

$$A = \{k \cdot P_0; 0 \leq k \leq p-1\};$$

die Zahlen k_1 und k_2 können dann in dem Bereich zwischen 1 und $p-1$ gewählt werden (und sind auch nur modulo p bestimmt). Eine (naive) Methode zur Bestimmung von k_i ist natürlich das Durchprobieren, man muß damit rechnen, ungefähr p Versuche durchschnittlich machen zu müssen. Dies scheint darauf hinzudeuten, daß (da wir 10^{20} Versuche gegenwärtig für undurchführbar halten) p in der Größenordnung 10^{20} gewählt werden kann. Leider gibt es aber ein potentiell in allen Gruppen anwendbares Verfahren von Pollard, das in jeder abelschen Gruppe A der Ordnung p die Berechnung der Zahl k_i probabilistisch auf $\sqrt{p}$ Schritte reduziert, falls es gelingt, A in drei Gebiete A_1, A_2, A_3 so aufzuteilen, daß die Folge

$$P_1 = P; \text{und für } i \geq 2 \;\; P_i := \begin{cases} 2P_{i-1} & ; \; P_{i-1} \in A_1 \\ P + P_{i-1} & ; \; P_{i-1} \in A_2 \\ P_0 + P_{i-1} & ; \; P_{i-1} \in A_3 \end{cases}$$

sich auf die Gebiete A_1, A_2, A_3 gleichmäßig verteilt.

Schon die Möglichkeit, daß das Pollardsche Verfahren implementiert werden könnte, zwingt nun dazu, $p \approx 10^{40}$ zu wählen, wenn wir 10^{20} Versuche zur Berechnung von k_i probalistisch erzwingen wollen.

Kommen wir jetzt zu konkreten Gruppen: Die einfachste Art, eine zyklische Gruppe der Ordnung p zu realisieren, ist, in den ganzen Zahlen $\mathbb{Z}$ "modulo p" zu rechnen:

Der ganzen Zahl z wird ihr (kleinster positiver) Rest $r_z \in \{0, \dots, p-1\}$, der beim Teilen durch p entsteht, zugeordnet, zwei Zahlen z_1 und z_2 heißen äquivalent, wenn $r_{z_1} = r_{z_2}$ (d.h.: $z_1 - z_2$ wird von p), mit $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$ wird die Menge dieser Äquivalenzklassen bezeichnet, die in eineindeutiger Weise den Resten entspricht, also aus p Elementen besteht. Zwei Elemente $\bar{z_1}, \bar{z_2}$ aus $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$ werden addiert, indem man die entsprechenden Reste in $\mathbb{Z}$ addiert und vom Ergebnis wieder den Rest nimmt. Es ist leicht zu sehen, daß mit dieser Verknüpfung $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$ zu einer zyklischen Gruppe der Ordnung p wird, als Erzeuger kann die Klasse jeden Restes ungleich 0, etwa r_0, genommen werden. Unsere Funktion f_{r_0} ist dann gegeben durch $f_{r_0}(k) = r'_k$, mit einer Zahl r'_k zwischen 1 und $p-1$, so daß $kr_0 - r'_k$ durch p teilbar ist. Dieses

r'_k ist sehr schnell zu berechnen. Wie steht es aber mit der oben diskutierten Sicherheitsfrage?

Für einen "Lauscher" ist folgende Aufgabe zu lösen: Zu bekannten Zahlen r_0 und r'_k berechne k, so daß $k \cdot r_0 - r'_k$ durch p teilbar ist. Dies ist sicher leicht machbar, wenn wir ein $\lambda \in \mathbb{Z}$ finden, so daß $\lambda \cdot r_0 - 1$ durch p teilbar ist: k ist der Rest der Zahl $\lambda \cdot r'_k$. Da nach Voraussetzung r_0 und p teilerfremd sind, besagt ein grundlegender Satz der elementaren Zahlentheorie, daß man λ und μ in $\mathbb{Z}$ so findet, daß $\lambda r_0 + \mu p = 1$ ist, und daß zur Bestimmung der Zahlen λ und μ der *Euklidische Algorithmus* verwendet werden kann, der das Ergebnis ungefähr in $\log p$ Schritten liefert. Damit ist unsere Funktion f_{r_0} für kryptographische Zwecke ungeeignet. Immerhin gewinnen wir aber die Erkenntnis, daß $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$ nicht nur eine additive Gruppe, sondern ein Körper ist (d.h. man kann multiplizieren und zu Elementen ungleich 0 Inverse finden), dessen Elemente leicht in Computern darstellbar sind und in dem man schnell rechnen kann. Es ist nicht schwer, diese effiziente Arithmetik auf beliebige endliche Körper K auszudehnen.

Dies nützen wir aus, um die Präsentation von zyklischen Gruppen von Primzahlordnung für unsere Zwecke geeigneter zu machen: Man weiß, daß die Anzahl der Elemente in endlichen Körpern eine Primzahlpotenz, etwa l^f, ist, und daß die Elemente ungleich 0 eine zyklische Gruppe der Ordnung $l^f - 1$ bilden, wobei jetzt die Verknüpfung die Körpermultiplikation ist. Ist also p ein Teiler von $l^f - 1$, so gibt es ein Element ζ_p aus K mit ${\zeta_p}^p = 1$ und ${\zeta_p}^k \neq 1$ für $1 \leq k \leq p - 1$.

Nehmen wir $P_0 = \zeta_p$ und $f_{\zeta_p}(k) = {\zeta_p}^k$, so erhalten wir tatsächlich eine Funktion mit Werten von K^*, die es verdient, "kryptographisch" untersucht zu werden. Die Aufgabe, die der Angreifer nun hat, ist, bei bekanntem Körper K, bekanntem ζ_p und ${\zeta_p}^k$ die Hochzahl k zu bestimmen, also den "Logarithmus zur Basis ζ_p" zu berechnen.

Daher erklärt sich der Name "Diskreter Logarithmus (DL)", der für die ganze Klasse von Falltürfunktionen, über die ich spreche, verwendet wird.

Der wesentliche Schutz vor der Berechnung dieses diskreten Logarithmus besteht darin, daß keine nichttriviale topologische Struktur und damit keine "Analysis" zur Verfügung steht. Angriffe verfolgen deshalb oft die Strategie der *Liftung*, die die Aufgabe der Berechnung des DL in Rechnungen über Körper mit mehr Struktur wie l-adische Körper oder algebraische Erweiterungskörper von $\mathbb{Q}$ von kleinem Grad, zurückführt, und tatsächlich kann man mit Methoden, die denen bei der Faktorisierung großer Zahlen ähneln, die oben beschriebene Funktion f_{ζ_p} relativ schnell ("subexponentiell") umkehren. Dies zwingt uns wie bei den RSA-Verfahren, bei Verwendung von

f_{ζ_p} die Primzahl p sehr groß (z.B. 500-stellig) zu wählen, was natürlich den Rechenaufwand in dem zugehörigen Körper unangemessen in die Höhe treibt.

Die Idee des "Diskreten Logarithmus" ist aber so elegant, daß man sie nicht ohne weiteres aufgeben möchte. Zunächst beobachtet man, daß man die von ζ_p erzeugte Gruppe auf natürliche Weise geometrisch interpretieren kann: Elemente in einem Körper K, die ungleich 0 sind, entsprechen eineindeutig den Punkten auf der Hyperbel G_m

$$XY = 1,$$

deren Koordinaten in K liegen.
Jedem $x \in K\backslash\{0\}$ wird der Punkt $(x, x^{-1}) \in G_m(K)$ zugeordnet. Die Multiplikation in K kann durch Polynome in den Koordinaten (X, Y) beschrieben werden: Für $(x_1, y_1) \in G_m(K), (x_2, y_2) \in G_m(K)$ ist $(x_1, y_1) \otimes (x_2, y_2) = (x_1x_2, y_1y_2)$, und falls $\zeta_p \in K$ ist, so ist die von den Potenzen von ζ_p erzeugte Gruppe gerade gleich $G_m(K)_p$, die Gruppe der "Punkte der Ordnung p" von G_m.

Diese Übersetzung mag künstlich erscheinen. Sie liefert aber das einfachste Beispiel für *Kommutative Algebraische Gruppen* $\mathcal{A}$, die über K definiert sind: $\mathcal{A}$ ist ein geometrisches Objekt (eine *Varietät,* das durch Polynomgleichungen mit Koeffizienten aus K definiert ist). Für Erweiterungskörper L von K sollte man sich die L-rationalen Punkte $\mathcal{A}(L)$ als Elemente $(a_1, \dots, a_n) \in L^n$ mit geeignetem n, deren Koordinaten die $\mathcal{A}$ beschreibenden Gleichungen erfüllen, vorstellen. Auf dieser Menge $\mathcal{A}(L)$ ist eine Verknüpfung $\oplus$ definiert, die wiederum durch Polynomgleichungen mit Koeffizienten aus K gegeben wird, und die $\mathcal{A}(\mathcal{L})$ zu einer kommutativen Gruppe macht. Für natürliche Zahlen n wird mit $\mathcal{A}(L)_n$ die Untergruppe, bestehend aus den Punkten P aus $\mathcal{A}(L)$, für die $n \cdot P = P \oplus \dots \oplus P$ (n-fache Addition) das neutrale Element 0 ist, bezeichnet. Die Verallgemeinerung der Funktion f_{ζ_p} ist offensichtlich: Wir nehmen an, daß es in $\mathcal{A}(L)$ einen Punkt $P_0 \neq 0$ gibt, für den für die Primzahl p gilt: $p \cdot P_0 = 0$, und setzen für $1 \leq k \leq p - 1$:

$$f_{P0}(k) = k \cdot P_0$$

Man beachte, daß $k \cdot P_0$ durch ein n-tupel von Elementen aus L gegeben wird, also mit dem n-fachen des Aufwands, mit der Elemente aus L beschreibbar sind, abgespeichert werden kann. Daraus folgt schon, daß man versuchen muß, sowohl n klein als auch den Körper L für Computer gut beschreibbar zu wählen. Zusätzlich ist für Schnelligkeit der Berechnung von f_{P0} der Grad der Polynome, die $\mathcal{A}$ und $\oplus$ beschreiben, von großer Wichtigkeit, er sollte ebenfalls möglichst klein sein. Schließlich sollten aus Sicherheitsgründen "Liftungen" z.B. im Erweiterungskörper von $\mathbb{Q}$ von kleinem Grad oder in

l-adische Körper, die zur Berechnung der Umkehrfunktion von f_{P_0} verwendet werden können, erschwert werden. Offensichtlich haben wir mit diesem Ansatz zur Konstruktion von Falltürfunktionen den Bereich der Elementaren Zahlentheorie verlassen und kommen nicht umhin, schon zu seiner Beschreibung mehr Mathematik zu verwenden. Deshalb wird der nächste Abschnitt einige Vertrautheit mit Methoden der Algebra und Geometrie voraussetzen müssen; wir ziehen schon hier das

Resümee: Es zeigt sich, daß diese Forderungen, nach dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens, erfüllbar sind, wenn wir geeignete *Abelsche Varietäten* über endlichen Körpern K (z.B. über $\mathbb{Z}/p\mathbb{Z}$) von nicht zu großer Dimension wählen und bei dieser Wahl einige leicht einzuhaltende Vorsichtsmaßnahmen beachten, und es gelingt, solche geeignete Varietäten explizit und mit vertretbarem Rechenaufwand zu konstruieren.

2 Kryptographisch geeignete Jacobische Varietäten

Den Hintergrund der jetzt zu beschreibenden Konstruktion von Falltürfunktionen bildet die Theorie der *Abelschen Varietäten* über endlichen Körpern. Folgende Probleme sind zu lösen:

1.) Konstruiere Abelsche Varietäten $\mathcal{A}$ über endlichen Körpern K, die einen K-rationalen Punkt P_0 der Ordnung p besitzen, und

2.) beschreibe diese Punkte und die Vielfachenbildung so, daß möglichst wenig Speicherplatz und Rechenzeit bei der Berechnung von f_{P_0} benötigt wird.

Die Anzahl der Punkte in $\mathcal{A}(K)$ läßt sich dank des Satzes von A. Weil, der dem geometrischen Analogon der Riemann'schen Vermutung entspricht, abschätzen: Falls K q Elemente besitzt, so ist

$$\#\mathcal{A}(K) \approx q^{Dim\,\mathcal{A}},$$

wobei $Dim(\mathcal{A})$ die Dimension von $\mathcal{A}$ als algebraische Varietät (d.h. die Anzahl der algebraisch-unabhängigen Variablen in den Gleichungen, die $\mathcal{A}$ beschreiben) ist. Wir können damit die Forderung 1.) konkretisieren und verlangen, daß p ein Teiler von $\#\mathcal{A}(K)$ ist, und daß $q^{Dim\,\mathcal{A}}$ sehr nahe bei p liegt. (In der Praxis soll $\frac{q^{Dim\,\mathcal{A}}}{p} \leq 10^5$ sein.)

Es empfiehlt sich, die betrachtete Klasse von Abelschen Varietäten auf ganz bestimmte und leichter zu beschreibende Varietäten zu beschränken:

$\mathcal{A}$ wird die *Jacobische Varietät* einer *projektiven Kurve C* sein.

Für uns genügt es, *ebene* Kurven zu betrachten: Es gibt ein homogenes Polynom $\tilde{f}(X, Y, Z)$ mit Koeffizienten aus K, das C beschreibt: Ein Punkt P im 2-dimensionalen projektiven Raum mit den homogenen Koordinaten (x, y, z) ist ein Punkt von C, falls $\tilde{f}(x, y, z)$ gleich 0 ist.

Sehr oft geht man zu *affinen* Teilen von C über. Man betrachtet zunächst alle Punkte auf C, für die $z = 0$ ist. (Diese bilden, so kann man annehmen, eine endliche Menge $\{P_{\infty,1}, \ldots, P_{\infty,d}\}$.) Alle anderen Punkte von C können mit *affinen* Koordinaten (x, y), die Nullstellen des Polynoms $\tilde{f}(X, Y) = f(X, Y, 1)$ sind, beschrieben werden. Man nennt $f(X, Y)$ eine affine Gleichung für C.

Sei $\bar{K}$ der algebraische Abschluß von K. Dies ist ein Erweiterungskörper von K, in dem jedes Polynom eine Nullstelle besitzt und der aus Elementen besteht, die Nullstellen von geeigneten Polynomen mit Koeffizienten aus K sind. Die (absolute) ***Galoisgruppe*** G_K von K besteht aus den Körperautomorphismen von $\bar{K}$, die Elemente aus K festlassen. Die algebraischen Punkte von C sind

$$C(\bar{K}) = \{P_{\infty,1}, \cdots, P_{\infty,d}\} \cup \{(x,y) \in \bar{K} \times \bar{K};\, f(x,y) = 0\}.$$

Die Gruppe G_K operiert auf $C(\bar{K})$ koordinatenweise.

Der Kurve C wird eine wichtige Invariante, ihr *Geschlecht* g, zugeordnet. Falls $g = 0$, ist C ein Kegelschnitt, also eng verwandt mit G_m und damit für uns uninteressant. Wir setzen deshalb ab jetzt voraus, daß $g \geq 1$ ist.

Der Schlüssel zur Beschreibung der Punkte auf der C zugeordneten Jacobischen Varietät J_C <u>und</u> der Addition dieser Punkte wird durch den Satz von *Riemann-Roch* geliefert, der die Theorie der algebraischen Kurven regiert:

Die Menge $J_C(K)$ der K-rationalen Punkte von J_C entspricht den ungeordneten g-tupeln $(P_1, \cdots, P_g)$ von Punkten aus $C(\bar{K})$, die K-rational sind, die also von Elementen aus G_K in sich übergeführt werden.

Zur Beschreibung der Addition setzen wir voraus, daß C einen Punkt mit Koordinaten in K besitzt, von dem wir annehmen dürfen, daß er gleich $P_{\infty,1} =: P_\infty$ ist.

Für Punkte $\mathcal{P}_1 = (P_1^1, \cdots, P_g^1), \mathcal{P}_2 = (P_1^2, \cdots, P_g^2)$ aus $J_C(K)$ ist

$$\mathcal{P}_3 = \mathcal{P}_1 \oplus \mathcal{P}_2$$

durch das g-tupel $(P_1^3, \cdots, P_g^3)$ gegeben, das so bestimmt wird, daß es eine Funktion h auf C gibt, deren Nullstellen (mit Vielfachheit) genau gleich $P_1^1, \cdots, P_g^1, P_1^2, \cdots, P_g^2$ und deren Polstellen gleich $P_1^3, \cdots, P_g^3$ und P_∞ (mit Vielfachheit g) sind.

Die Existenz von h bzw. $P_1^3, \cdots, P_g^3$ wird durch den Satz von Riemann-Roch gesichert, die Berechnung von h wird durch Interpolationsalgorithmen möglich.

Allerdings sind diese Algorithmen im allgemeinen sehr zeit- und speicherplatzaufwendig, so daß wir bisher erst von einer befriedigenden theoretischen Lösung der ersten der uns gestellten Aufgaben sprechen können. Wir werden nun sehen, daß für eine spezielle Klasse von Kurven auch praktisch anzuwendende Algorithmen zu finden sind.

Betrachten wir das einfachste Beispiel: $g = 1$.
Da wir die Existenz eines K-rationalen Punktes vorausgesetzt haben, folgt wieder aus dem Satz von Riemann-Roch,daß C gegeben werden kann durch

$$Y^2Z + a_1XYZ + a_3YZ^2 - X^3 - a_2X^2Z - a_4XZ^2 - a_6Z^3$$

mit Koeffizienten $a_i \in K$ und der zusätzlichen Eigenschaft, daß kein Punkt von C singulär ist.
Kurven, die in dieser Form beschreibbar sind, heißen *Elliptische Kurven.* Daß solche Kurven von großem theoretischen Interesse sind, wird nicht nur mit Wiles' Beweis der Fermatvermutung belegt; hier interessieren wir uns also für ganz praktische Anwendungen ihrer Theorie.

Ein wesentlicher Grund für die Reichhaltigkeit der Theorie der elliptischen Kurven ist, daß sie gleich ihrer Jacobischen Varietät und somit gerade die Abelschen Varietäten der Dimension 1 sind. Insbesonders kann man, wie oben beschrieben, die Menge der rationalen Punkte zu einer Gruppe machen: Wir wählen den Punkt mit den homogenen Koordinaten $(0,1,0)$ als P_∞. Tatsächlich ist er der einzige Punkt auf C mit $z = 0$. Alle anderen Punkte P von C können mit affinen Koordinaten (x, y), die die Gleichung

$$(*)\ Y^2 + a_1XY + a_3Y = X^3 + a_2X^2 + a_4X + a_6$$

erfüllen, beschrieben werden.

Mit dieser Normierung ist

$$C(K) = \{(x, y) \in K \times K;\ (*) \text{ ist erfüllt}\} \cup \{P_\infty\}.$$

Wie sieht die Addition explizit aus? Jedenfalls entspricht P_∞ (wegen $P + P_\infty - 2P_\infty = P - P_\infty$) dem Neutralelement der Addition. Wir wollen nun für beliebige $P_1, P_2, \in C(L)$ die Koordinaten des Punktes angeben, der der Summe von P_1 und P_2 entspricht.

Um die Formeln zu vereinfachen, nehmen wir an, daß die Charakteristik von K ungleich 2 oder 3 ist (d.h. man darf in K durch 2 und 3 "dividieren") und vereinfachen (mit quadratischer Ergänzung bzw. Tschirnhausen-Transformation) die Gleichung für C zu

$$(**)\ Y^2 = X^3 - g_2X - g_3$$

("kurze" Weierstraß-Form).

Wir betrachten nun Punkte $P_1 = (x_1, y_1)$ bzw. $P_2 = (x_2, y_2)$, die ungleich P_∞ sind und haben die Aufgabe, einen Punkt P_3 auf C so zu finden, daß es eine

Funktion h auf C gibt, die Polstellen der Ordnung 1 in P_3 und P_∞ hat und Nullstellen der Ordnung 1 in P_1 und P_2. Man kann diese Funktion, unter Benutzung von $(**)$ in der Form $h_1(X) + h_2(X)Y$, wobei $h_i(X)$ rationale Funktionen in X sind, ansetzen und erhält:

Falls $x_1 \neq x_2$ ist (allgemeiner Fall), ist

$$x_3 = -(x_1 + x_2) + \frac{(y_1 - y_2)^2}{(x_1 - x_2)^2}$$

und y_3 so, daß (x_3, y_3) auf C liegt und daß (x_1, y_1), (x_2, y_2) und $(x_3, -y_3)$ kollinear sind.
Falls $x_1 = x_2$ und $y_1 = -y_2$ ist, ist $P_3 = P_\infty$, und falls $x_1 = x_2$ und $y_1 = y_2$ ist (also $P_1 = P_2$) ist, ist

$$P_1 + P_2 = 2 \cdot P_1 = (\frac{X^4 + 2g_2X^2 + 8g_3X - g_2{}^2}{4X^3 - 4g_2X - 4g_3}, y_3)$$

(Verdoppelungsformel), wobei y_3 jetzt so gewählt ist, daß $(x_3, -y_3)$ auf der Tangente durch P_1 an C liegt. Man sieht, wie explizit und einfach die Addition auf C gegeben ist, und deshalb verwundert es nicht, daß die Vielfachenbildung sehr schnell durchführbar ist. Über Körpern K mit ungefähr 10^{50} Elementen und Zahlen $k \approx 10^{50}$ dauert auf einem gebräuchlichen PC die Berechnung von $k \cdot P$ bei sorgfältiger Implementation ungefähr 100 ms.

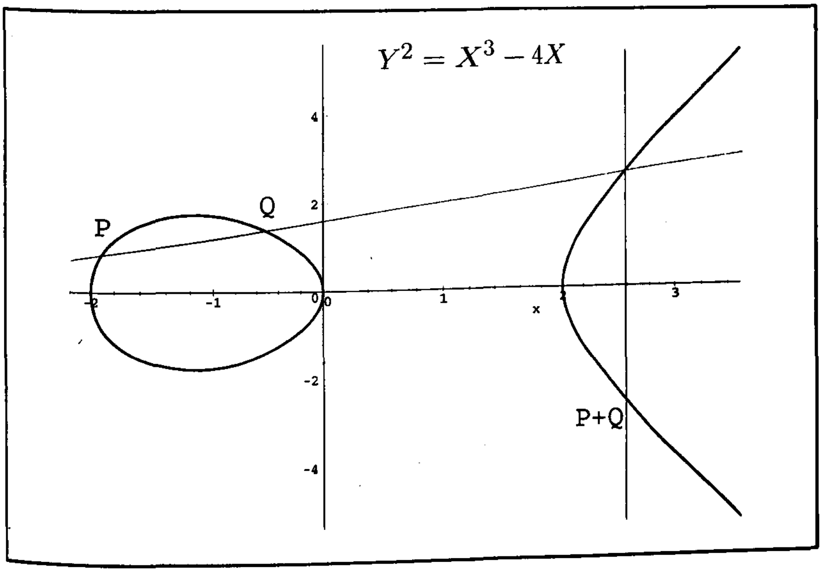


Abb. 1

Die Addition auf elliptischen Kurven hat noch eine sehr hübsche elementargeometrische Beschreibung: $P_3 = P_1 \oplus P_2$ ist der Punkt auf C, der durch Spiegelung an der X-Achse des dritten Schnittpunkts der Gerade durch P_1 und P_2 (resp. der Tangente in P_1, falls $P_1 = P_2$ ist) entsteht.
Wir können also feststellen, daß für Kurven vom Geschlecht 1 die erste der oben gestellten Aufgaben voll zufriedenstellend gelöst ist.

Bei Kurven C mit höherem Geschlecht beschränken wir uns auf solche, die durch ähnlich einfache Gleichungen wie elliptische Kurven gegeben werden: Eine affine Gleichung für C sei

$$Y^2 + a_1(X)Y + a_2(X) = f_n(X),$$

wobei $a_1(X), a_2(X)$ und $f_n(X)$ Polynome mit Koeffizienten aus K sind und $f_n(X)$ keine vielfachen Nullstellen besitzt. Eine milde Rationalitätsvoraussetzung (K-Rationalität eines Weierstraßpunktes von C) gestattet es, die Gleichung von C so zu wählen, daß wir genau einen Punkt P_∞ von C nicht durch diese affine Gleichung erfassen und daß die zugehörige ebene affine Kurve singularitätenfrei ist. Es folgt, daß $n = 2g + 1$ ist. (g ist wie immer das Geschlecht von C.)
Die einfache Gleichung für C gestattet es, die Beschreibung der Punkte $\mathcal{P}$ von $J_C(K)$ mit Hilfe von Idealen $I_\mathcal{P}$ des Rings $K[X] \oplus K[X]Y$ ($K[X]$ ist der Ring der Polynome in X mit Koeffizienten zu K, und Y hat die Eigenschaft, daß $Y^2 = f_n(X)$ ist) zu beschreiben, die eine Idealbasis der Form $(1, f_1(X) + f_2(X)Y)$ mit $f_i(X) \in K[X]$, Grad $(f_1(X)) <$ Grad $(f_2(X)) \leq g$ besitzen. Man kann also $\mathcal{P}$ durch (f_1, f_2) und damit (nach Normierung von f_1) durch die $2g$ Koeffizienten von f_1 und f_2 beschreiben. Ebenso ist die Addition beherrschbar: Zunächst multipliziert man die den Punkten $\mathcal{P}_1$ und $\mathcal{P}_2$ entsprechenden Ideale und reduziert dann, modulo Hauptidealen, das entstehende Ideal zu einem Ideal vom "Grad $\leq g$."

Eine Beobachtung von E. Artin in seiner Dissertation macht diese Rechenschritte besonders durchsichtig: Den Idealen kann man binäre quadratische Formen über $K[X]$ (mit Diskriminante $f_n(X)$) zuordnen und die Gruppenverknüpfung auf $J_C(K)$ entspricht der Komposition und Reduktion solcher Formen, die ganz entsprechend der Komposition und Reduktion definiter Formen über $\mathbb{Z}$, die Gauß hergeleitet hat, ablaufen. Der so entstehende *Algorithmus* zur Addition auf $J_C(K)$ für hyperelliptische Kurven C wurde von D. Cantor entwickelt, er verwendet als wesentliches Hilfsmittel nur die Division mit Rest von Polynomen. Im Prinzip kann man ihn auch dazu verwenden, *Additionsformeln* wie im elliptischen Fall herzuleiten, für $g = 2$ ist dies in der Dissertation von A. Spallek (Essen 1995) durchgeführt. Für höheres Geschlecht werden diese Formeln aber so kompliziert, daß die algorithmische Implementation der Addition vorzuziehen ist. Sie wurde in Essen durchgeführt und liefert bezüglich Einfachheit und Schnelligkeit mit den Ergebnissen bei elliptischen Kurven konkurrenzfähige Resultate. Der Vorteil bei der Wahl von Kurven höheren Geschlechts zur Konstruktion von Falltürfunktionen liegt in der Möglichkeit, den Grundkörper K zu verkleinern, ohne die Sicherheitsanforderungen zurückzuschrauben. So kann etwa bei $g = 5$ bei Vorliegen einer 64-bit-Arithmetik auf Langzahlarithmetik verzichtet werden.

Wir müssen uns nun der zweiten Aufgabe, nämlich der *Konstruktion* geeigneter hyperelliptischer Kurven zuwenden. Ein naives "Ausprobieren" scheidet wegen der Größe von p aus. Die zu verwendenden Hilfsmittel kommen wieder aus der arithmetischen Geometrie. Die Galoisgruppe G_K endlicher Körper enthält ein ausgezeichnetes Element, den Frobeniusautomorphismus π_K, der, wie oben schon erwähnt, auf $J_C(\bar{K})$ operiert. Diese Operation wird nach Hasse-Weil dazu verwendet, ihm ein charakteristisches Polynom, die *L-Reihe* $L_C(T)$ von C zuzuordnen. $L_C(T)$ ist ein normiertes Polynom vom Grad $2g$, das als Analogon der Riemannschen Zetafunktion zu sehen ist. Die Nullstellen von $L_C(T)$ sind ganz-algebraische Zahlen, deren komplexer Betrag gleich $\sqrt{\#K}$ ist, dieser Satz (von Hasse für $g = 1$ und zuerst von Weil für beliebiges Geschlecht bewiesen) ist das Analogon der Riemannschen Vermutung. Das Polynom $L_C(T)$ sagt Wesentliches über C und J_C aus, unter anderem gilt:

$$L_C(1) = \#(J_C(K))$$

Mit anderen Worten: Die nun vorgegebene Konstruktionsaufgabe lautet jetzt: Man finde hyperelliptische Kurven über K, deren L-Reihe die Eigenschaft hat: Es ist $\left|\frac{L_C(1)}{p}\right|$ eine Zahl $\leq 10^5$.

Da die arithmetischen Eigenschaften der Nullstellen von $L_C(T)$ u.a. durch Arbeiten von Hasse, Weil, Deuring, Tate, Honda sehr gut bekannt sind, löst man diese Aufgabe, indem man erst geeignete Kandidaten für den *Endomorphismenring* $\mathcal{E}$ der gesuchten Kurve, in dem der π_K zugeordnete Endomorphismus liegt, sucht und dann die Kurve C konstruiert. Dieser Ring $\mathcal{E}$ ist eine Ordnung in einem "Körper vom CM-Typ", was für $g = 1$ einfach bedeutet, daß er im Ring der ganzen Zahlen eines imaginärquadratischen Körpers liegt. Es liegt daher nahe, zur Konstruktion von C die Theorie der "komplexen Multiplikation" und ihre Weiterentwicklung durch Taniyama-Shimura ("CM-Varietäten") zu verwenden. Dies haben wir konkret für $g = 1$ und $g = 2$ getan. Ein so erhaltenes Beispiel ist die Kurve C gegeben durch:

$$Y^2 = X^5 - 140X^2 - 240X^2 + 3810X + 6928.$$

C ist eine Kurve vom Geschlecht 2, über $\mathbb{Z}/(15394628755070098943) \cdot \mathbb{Z}$ hat J_C genau $4 \cdot 5924864864570868647934186550539174412697$ Punkte. Wir können damit eine Falltürfunktion konstruieren.

Zur Konstruktion von Kurven vom Geschlecht ≥ 3 versuchen wir, zusätzlich zur CM-Theorie die Theorie der *Reellen Multiplikation* auszunutzen. Wir kommen damit zwangsläufig zu den Modulformen, zugehörigen Modulkurven $X_0(N)$ und ihren Jacobischen Varietäten $J_0(N)$, ,von denen ganz zu Anfang des Vortrags die Rede war, denn nach der (verallgemeinerten und noch unbewiesenen) Vermutung von Taniyama sollen Jacobische Varietäten, die reelle Multiplikation haben, als Faktoren von $J_0(N)$ auftreten.

Mit den von uns implementierten Algorithmen können wir solche Faktoren systematisch bestimmen und entscheiden, ob sie zu hyperelliptischen Kurven gehören.

Falls dies so ist, gelingt es mit Hilfe der Invariantentheorie für solche Kurven C, ihre Gleichung (über $\mathbb{Z}$) explizit zu bestimmen und wegen der Kongruenz von Eichler-Shimura die L-Reihe von C modulo l mit Hilfe des Heckeoperators zu l zu berechnen.

Wir geben ein Beispiel: Die Kurve C, gegeben durch

$$Y^2 = X^7 + 3X^6 + 2X^5 - X^4 - 2X^3 - 2X^2 - X - 1$$

ist eine Kurve vom Geschlecht 3, deren Jacobische Varietät ein Faktor von $J_0(284)$ ist. Modulo 1000040399 hat J_C $3^2 \cdot 17^2 \cdot 3845340547708318749940 67$ Punkte.

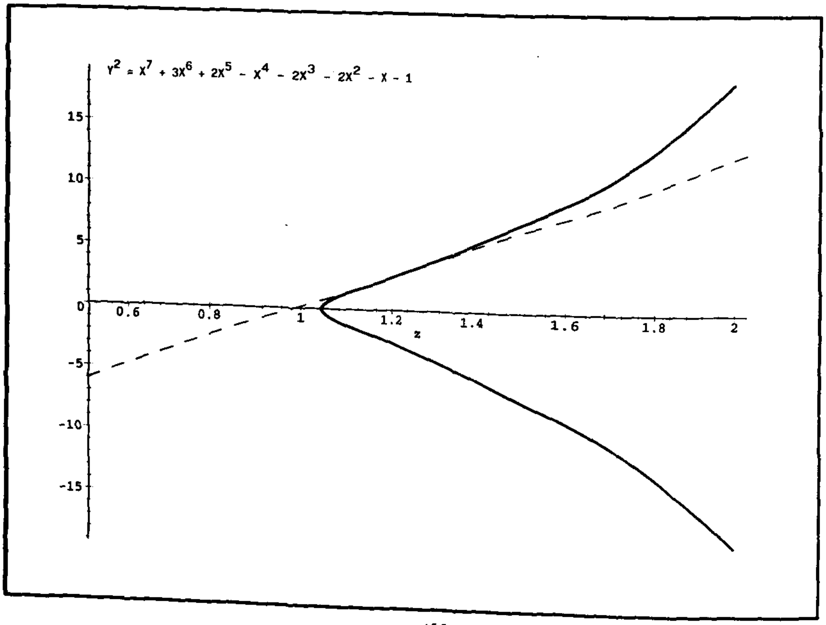


Abb. 2

Die geschilderten Konstruktionsverfahren benötigen einen hohen Rechenaufwand, z.B. die sehr präzise Auswertung komplexer Potenzreihen. Daß sie überhaupt durchführbar sind, verdanken wir der hochentwickelten Theorie, die uns von "reinsten" mathematischen Disziplinen, der Zahlentheorie und der Algebraischen Geometrie, zur Verfügung gestellt wird. Dieses Zusammenspiel zwischen mathematischer Grundlagenforschung und wissenschaftlichem Rechnen macht die Beschäftigung mit den geschilderten Aufgaben so faszinierend; daß uns durch die Anforderungen der digitalisierten Datenübertragung unverhofft Anwendungsmöglichkeiten eröffnet werden, ist eine hochwillkommene zusätzliche Motivation.

Gerhard Frey
Universität GHS Essen · Institut für Experimentelle Mathematik
Ellernstraße 29 · 45326 Essen

DIE BRAUNSCHWEIGISCHE WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT

VERLEIHT DIE

CARL-FRIEDRICH-GAUSS-MEDAILLE

HERRN PROFESSOR

DR. RER. NAT. GERHARD FREY

UNIVERSITÄT ESSEN

IN WÜRDIGUNG SEINER AUSSERORDENTLICHEN VERDIENSTE ZUR LÖSUNG EINES DER BERÜHMTESTEN PROBLEME DER MATHEMATIK

Professor Dr. Frey ermöglichte durch den Nachweis eines Zusammenhangs von elliptischen Kurven und diophantischen Gleichungen einen lang gesuchten Fortschritt der Mathematik. Die von ihm angeregte Forschung führte zu einer umfassenden Theorie, die sich schon Carl Friedrich Gauß gewünscht hatte. Krönender Abschluß ist heute der Beweis der Fermat-Vermutung.

Braunschweig, den 30. April 1996

Präsident
der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft

Frey, Gerhard, Prof. Dr., Institut für Experimentelle Mathematik, Universität GH Essen.
Ellernstraße 29, 45326 Essen.

1.6.1944	geboren in Bensheim
1954–1963	Gymnasium in Tübingen
1963–1967	Studium der Mathematik und Physik an der Universität Tübingen
1967	Dipl.-Math.
1967–1970	Studium der Mathematik und Physik an der Universität Heidelberg
1969–1973	Wissenschaftlicher Assistent an der Universität Heidelberg
1970	Promotion, Heidelberg
1973	Habilitation, Heidelberg
1973–1975	Wissenschaftlicher Rat an der Universität Erlangen
1975–1990	Universitätsprofessor (C 3) an der Universität Saarbrücken
seit 1990	Universitätsprofessor (C 4) an der Universität Essen
Publikationen:	ca. 50 Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, ferner das Buch G. Frey: Elementare Zahlentheorie, Vieweg Verlag, Braunschweig/ Wiesbaden (1984)
Herausgeber:	On Artin's Conjecture for Odd 2-Dimensional Representations, LNM 1585, Springer 1994. Algebra and Number Theory, de Gruyter 1994 (zusammen mit J. Ritter). Mitherausgeber der Zeitschrift: Manuscripta mathematica

Schlußworte

Meine Damen und Herren,

Christian Wolff, der Philosoph der deutschen Aufklärung, hat 1717 gesagt

> „Da nun alle endlichen Dinge sich ausmessen lassen in allem demjenigen, was sie eigentlich an sich haben, so ist nichts auf der Welt, dabey die Mathematik nicht könnte angebracht werden."

„nichts in der Welt . . ." ein großer Anspruch.

Wie stellt sich die Wolffsche These dar im Lichte dessen, was wir in den heutigen der Mathematik gewidmeten Veranstaltungen der BWG gehört haben?

In der Vortragsveranstaltung am Vormittag haben uns die Herren Hulek, Geyer und Roquette über Probleme und Resultate aus dem Umfeld des Forschungsgebietes unseres Preisträgers berichtet. Ich möchte den Herren auch an dieser Stelle danken für die nicht geringe Mühe, die sie mit der Vorbereitung dieser Vorträge auf sich genommen haben. Es wurde hier von reiner Mathematik gehandelt, in dem Sinn, daß Anwendungen nicht die Richtung der Forschung bestimmen. In der Laudatio, für die wir Herrn Tietz sehr zu danken haben, wurde ja noch einmal deutlich, daß die großen Meriten von Herrn Frey, die ihn würdig in die Reihe der Gauß-Medaillen-Inhaber einordnen, erworben sind in Algebra und Zahlentheorie – also reiner Mathematik. Und nun kommt dieser Exponent der reinen Mathematik zu uns und hält einen kompetenten und eleganten Vortrag, der ohne Zweifel der Angewandten Mathematik zuzurechnen ist. Die forschungspolitische Botschaft dabei sei noch einmal hervorgehoben: Der Weg von den Höhen der reinen Mathematik zu Anwendungen von großer Praxisrelevanz kann kurz sein. Sehr geehrter Herr Frey, ich gratuliere zu diesem inhaltsreichen und überzeugenden Vortrag, der gewiß auch zu Ihren besonderen Verdiensten gerechnet werden kann.

Konkrete Anwendungen der Mathematik sind nun sicher Argumente für die These von Christian Wolff und unser Preisträger hat deutlich gemacht, daß solche Anwendungen sich auch weit außerhalb der kanonischen Anwendungsbereiche Naturwissenschaft und Technik finden. Bekannt sind ja auch die Anwendungen in der Wirtschaftswissenschaft, als Beleg für die dort erreichte Verbindung von mathematischer Tiefe und substanzwissenschaftlicher Relevanz mag erwähnt werden, daß eine Reihe von wirtschaftswissenschaftlichen Nobelpreisen an Mathematiker bzw. für mathematische Leistungen vergeben worden sind. Ebenso findet im gesamten Spektrum der Sozialwissenschaften bis hin zur Politik-Wissenschaft gehaltvolle Mathematik ihren Platz.

So gibt es denn einen breiten und immer noch wachsenden Bereich Angewandter Mathematik, aber die „Welt", von der Christian Wolff sprach, ist das nicht. Bei dem Angebracht-Sein der Mathematik hat Christian Wolff eben nicht an ein gigantisches Gebäude aus Formeln und Lehrsätzen gedacht, sondern an *eine* Haltung, die auf dem Substrat der reinen Mathematik wächst, die gekennzeichnet ist durch ständiges Bemühen um äußerste Sicherheit der Aussage, gestützt auf Präzision in Begriffen, Voraussetzungen und

Folgerungen. Wo immer Mathematik in diesem Sinn angewandt wird, hilft sie, Scheinprobleme zu eliminieren, Mißverständnisse zu erkennen, Meinungen von Argumenten und Denkgewohnheiten von Sachzwängen zu unterscheiden, kurz den Kern eines Problems herauszuarbeiten und damit sinnlosen Dissens zu vermeiden.

Wer Mathematik so auffaßt, der wird Christian Wolff zustimmen können, und vielleicht hat dieser nüchterne Rationalist die Vision gehabt, daß Mathematik ein Stück beitragen kann zum Sieg der Vernunft und zum Frieden in der Welt.

Ich danke Ihnen.

Helmut Braß

MITTEILUNGEN

Veröffentlichungen

Im Berichtsjahr wurden veröffentlicht:

„Jahrbuch 1995 der BWG" mit 214 Seiten
„Abhandlungen der BWG" Band XLVI mit 196 Seiten

Geschäftliche Mitteilungen:

Am 31.12.1996 gehörten der BWG 120 ordentliche Mitglieder, davon 77 unter 70 Jahren, sowie 67 korrespondierende Mitglieder an. Die Zahl der Mitglieder unter 70 Jahren betrug in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften 26, in der Klasse für Ingenieurwissenschaften 33 und in der Klasse für Geisteswissenschaften 18. Von den ordentlichen Mitgliedern zählten zum Bereich Braunschweig 61, zum Bereich Clausthal 12, zum Bereich Göttingen 10, zum Bereich Hannover 34 und zum Bereich Münster-Osnabrück 3.

Die BWG war bei den Feierlichen Jahresversammlungen der neun deutschen Akademien der Wissenschaften (Berlin, Düsseldorf, Erfurt, Göttingen, Heidelberg, Leipzig, Mainz und München) durch ihren Präsidenten bzw. Abgesandte vertreten. Darüber hinaus war die BWG zu einer großen Zahl von Veranstaltungen des Landes Niedersachsen, der Stadt Braunschweig und einiger Gesellschaften und Hochschulen eingeladen.

Das Plenum trat am 13.12.1996 zu seiner jährlichen Hauptsitzung zusammen, nahm die Jahresberichte des Präsidenten und Generalsekretärs entgegen und beschloß den Haushaltsentwurf 1997. In Wahlsitzungen am 12.04. und 13.12.1996 wurden die auf Seiten 234–237 vorgestellten Mitglieder hinzugewählt.

Das am 13.12.1996 tagende Konzil wählte den Gauß-Preisträger 1997 und legte die Feierliche Jahresversammlung auf den 13.06.1997 fest.

PERSONALIA

Todesfälle

Es verstarben im Berichtsjahr:

10.02.1996 Joseph König, Dr. phil., Archivdirektor des Niedersächsischen Staatsarchivs Wolfenbüttel. Ordentliches Mitglied seit Mai 1975 in der Klasse für Geisteswissenschaften

12.02.1996 Karl Heinrich Olsen, Dr. rer. techn. habil., Prof. für Wirtschaftsgeographie, Raumordnung und Landesentwicklung, Generalsekretär der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig, apl. Professor an der Technischen Universität Braunschweig. Ordentliches Mitglied seit 1967 in der Klasse für Geisteswissenschaften. 1974–1980 Generalsekretär der BWG, 1981–1986 Präsident der BWG

07.07.1996 Georg Hoeltje, Dr. phil., Prof. für Bau- und Kunstgeschichte an der Technischen Hochschule Hannover. Ordentliches Mitglied seit 1959 in der Klasse für Bauwissenschaften bzw. Ingenieurwissenschaften

26.10.1996 Heinz Beneking, Dr. rer. nat., Prof. für Halbleitertechnik an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Korrespondierendes Mitglied in der Klasse für Ingenieurwissenschaften seit 1985. Gauß-Preisträger 1984

20.11.1996 Wilhelm Becker-Obolenskaja, Dr. phil. Dr. h.c. Dr. rer. nat. h.c., Prof. für Astronomie an der Universität Basel. Korrespondierendes Mitglied seit 1966 in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften. Gauß-Preisträger 1966

NACHRUFE

KLAUS PIEPER

* 27.5.1913 † 16.11.1995

Am 16. November 1995 starb der emeritierte Professor der Technischen Universität Braunschweig und Ehrendoktor der Universität Karlsruhe Klaus Pieper. Geboren im Jahre 1913, aufgewachsen in Köln und Lübeck, Studium des Bauingenieurwesens von 1932 bis 1937 an der Technischen Hochschule Dresden, Promotion in Dresden im Jahre 1938, danach beratender Ingenieur in Lübeck und Bauleiter im Tauernkraftwerk in Kaprun, zu Kriegsende Soldat, nach dem Krieg Mitarbeiter in der Bauverwaltung der Hansestadt Lübeck und dort von 1947 bis 1959 Leiter der Prüfstelle für Statik, das sind die frühen Daten seines beruflichen Werdeganges.

In der kriegszerstörten Stadt Lübeck kam Klaus Pieper, von der Verantwortung und vom persönlichen Interesse her, zur ingenieurmäßigen Beschäftigung mit den historischen Bauten, an denen die Stadt so reich ist. Die statisch-konstruktive Sicherung und die Mitwirkung am Wiederaufbau der Marienkirche waren, wie er selbst sagte, sein Gesellenstück. Viele ähnliche Aufgaben folgten, in Lübeck neben anderen historischen Bauten das Rathaus und der Dom, dazu viele Sicherungsarbeiten in Schleswig-Holstein und Hamburg.

Im Jahre 1959 wurde Klaus Pieper als Ordinarius für Hochbaustatik an die Architekturabteilung der Technischen Hochschule Braunschweig berufen. Sein Tätigkeitsfeld weitete sich aus: Lehre in den statisch-konstruktiven Fächern, Entwurfsberatung und, erstmals nach dem Kriege in Deutschland, das Vertieferfach „Sicherung alter Bauten", in dem er seine reichen Erfahrungen weitergab, die er nun in großem Umfange sammeln konnte: An den norddeutschen Domen der Backstein- und Werksteingotik ebenso wie an den süddeutschen Barockkirchen – Balthasar Neumanns Klosterkirche in Neresheim lag ihm besonders am Herzen – und an vielen kleinen, bescheideneren Bauten.

Forschungs- und Normungsarbeiten brachten auch auf anderen Gebieten, insbesondere im Silobau und im Mauerwerksbau, weltweite Anerkennung. Dazu kamen vielfältige praktische Tätigkeiten, als Gutacher, beratender Ingenieur, Prüfingenieur – ein Arbeitspensum ohnegleichen, aber stets hatte die Tätigkeit als Hochschullehrer Vorrang vor allem anderen. Die Lehre, die Arbeit mit den Studenten, stand an erster Stelle. Mehrmals ließ er sich, stundenweise und heimlich, aus dem Krankenhaus holen, damit er, trotz beginnender schwerer Krankheit, seine Vorlesungen halten konnte. Für seinen Einsatz genoß er hohe Anerkennung bei den Studenten, Assistenten, Professorenkollegen. Ämter und Auszeichnungen blieben nicht aus: Abteilungsleiter und Dekan an der Technischen Universität Braunschweig, das Bundesverdienstkreuz, Ehrenmitglied im Sonderforschungsbereich „Erhalten historisch bedeutsamer Bauwerke" an der Universität Karlsruhe.

Nicht allen hat es Klaus Pieper immer leicht gemacht, er konnte karg und kantig sein. Zu denen, die rundum glatt sind und nirgends anecken wollen, gehörte er jedenfalls nicht. Aber geradlinig, offen und ehrlich war er jederzeit, man wußte, woran man bei ihm war, und Respekt zollten ihm auch seine Gegner.

Seine Mitarbeiter und Assistenten haben von Klaus Pieper gelernt, kritisch an die Probleme heranzugehen, den gängigen Klischees zu mißtrauen, die Dinge lieber unkonventionell zu betrachten. Immer wieder fanden Sie, auch nach seiner Emeritierung, zu ihm in sein Haus zurück, in dem er, dessen lähmende Krankheit ihm körperlich mehr und mehr zu schaffen machte, liebevolle Pflege genoß. Das Gespräch und der Austausch mit diesem bedeutenden Ingenieur, dessen nicht geringstes Merkmal seine Bescheidenheit war, wird vielen Menschen fehlen.

Fritz Wenzel

WALTHER KILLY

* 26.8.1917 † 29.12.1995

Die Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft hat den Tod eines hochangesehenen Wissenschaftlers zu beklagen, der seit 1979 ihr Mitglied war: des Literaturwissenschaftlers Walther Killy. Er starb am 29. Dezember 1995 in Kampen auf Sylt, im Alter von 78 Jahren.

Walther Killy war einer der hervorragendsten Vertreter seines Faches – der Deutschen Literaturwissenschaft –, und er gehörte zu einer kleinen Gruppe von führenden Germanisten, die nach der Katastrophe des Hitlerreiches der deutschen Germanistik, in den Jahren um 1950/60, in der internationalen Gelehrtenwelt wieder zu einigem Ansehen verhalfen. (Zur selben Gruppe gehörten etwa auch: Richard Alewyn, Albrecht Schöne, Peter Wapnewski und Peter Szondi.) Er war Philologe, Gelehrter, und er war zugleich „homme de lettres", ein Mann, der „mit der Literatur lebte", und zugleich auch ein Nachfahre und Repräsentant der vielgeschmähten Tradition des Bildungsbürgertums, zu der er sich gern bekannte – und all dies prägte den Stil seiner Forschung und seiner Lehre, prägte auch den persönlichen Eindruck, den er auf sie machte, die näheren persönlichen Umgang mit ihm hatten (zu denen auch ich mich zählen darf, denn ich war eine Zeitlang sein Assistent, am Deutschen Seminar der Universität Göttingen, und habe von ihm Wesentliches gelernt über den lehrenden Umgang mit literarischen Texten).

Seine wissenschaftliche Laufbahn – um nur einige wenige Stationen anzudeuten – begann um 1950, nach der Rückkehr aus der Kriegsgefangenschaft, mit der Mitarbeit an der „Großen Stuttgarter Hölderlin-Ausgabe", und führte von hier aus weiter zu der von ihm begründeten und gemeinsam mit Hans Szklenar edierten Historisch-Kritischen Ausgabe der Werke und Briefe Georg Trakls. Er war zunächst Professor an der Freien Universität Berlin, dann an der Universität Göttingen (seit 1960), wurde dann auch Rektor der Göttinger Universität, in unruhiger, schwieriger Zeit, nämlich in den Jahren 1967/68. 1970 folgte er einem Ruf an die Universität Bern (woran wohl auch ein Gefühl der Resignation angesichts der deutschen universitätsgeschichtlichen Entwicklungen dieser Jahre nicht unbeteiligt war). 1978 verließ er Bern und ging nach Wolfenbüttel, wo er Leiter des Forschungsprogramms der Herzog August Bibliothek wurde; im Jahr darauf (1979) wurde er dann zum Mitglied der Geisteswissenschaftlichen Klasse unserer Wissenschaftlichen Gesellschaft gewählt.

In seiner wissenschaftlichen Arbeit und in seinen Publikationen hat sich Walther Killy gleichzeitig als Fachwissenschaftlicher und als Mittler zwischen seinem Fach und einer weiteren literarisch interessierten Öffentlichkeit verstanden. Einige seiner Bücher sind Standardtexte, „Klassiker" der Deutschen Literaturwissenschaft geworden; so etwa die ‚Wandlungen des lyrischen Bildes' (erstmals 1956 erschienen, mittlerweile in 7. Auflage vorliegend), das Buch über den europäischen Roman im 19. Jahrhundert (‚Wirklichkeit und Kunstcharakter'. Neun Romane des 19. Jahrhunderts, 1963) und die ‚Elemente der Lyrik' (1972). Dazu kamen Veröffentlichungen, die – weit über die Fachgrenzen hinaus – einen großen Leserkreis erreichten; so etwa: ‚Deutscher Kitsch. Ein Versuch mit Beispielen' (erstmals 1961; 7. Auflage 1978), und auch eine Reihe von wichtigen, vielbenutzten Anthologien kann man hierher rechnen; so etwa die zehnbändige Lyrik-Anthologie ‚Epochen der deutschen Lyrik', die deutsche Gedichte vom Mittelalter bis zum 20. Jahrhundert in chronologischer Folge darbietet, die große Textsammlung ‚Die deutsche Literatur. Texte und Zeugnisse' (auch sie vom Mittelalter bis zur Gegenwart reichend), das fünfbändige ‚Deutsche Lesebuch' (1958/70), schließlich das fünfzehnbändige ‚Literatur-Lexikon' des Bertelsmann-Verlages und – als letzte große Unternehmung dieser Art – die ‚Deutsche Biographische Enzyklopädie', die er gerade noch auf den Weg bringen konnte und deren erster Band 1995 erschienen ist. Als letzte Arbeit aus seiner Feder aber erschien im Frühjahr 1996 – posthum und als eine Art Vermächtnis – das Buch ‚Von Berlin bis Wandsbek. Zwölf Kapitel deutscher Bürgerkultur um 1800', das sich noch einmal, in einer Folge von zwölf interpretierenden Essays, dem Thema zuwendet, dem zeitlebens seine Liebe gegolten hat: der Geschichte der deutschen Kultur und Literatur im Umkreis Goethes und seiner Zeitgenossen, ihren Lebensformen, ihren sprachlichen und künstlerischen Ausdrucksformen und ihren Vorstellungen von Humanität.

Jost Schillemeit

Zuwahlen

Zu ordentlichen Mitgliedern wurden am 12.04.1996 gewählt:

in die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Brandes, Dietmar, Dr. rer. nat. habil., apl. Prof. an der TU Braunschweig.
Allerstraße 7, 38106 Braunschweig

1948, 12.03.	geboren in Braunschweig
1967	Abitur, Neue Oberschule Braunschweig
1968–1972	Studium der Chemie und Botanik an der TU Braunschweig
1972	Dipl.-Chemiker
1973–1978	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Anorganische Chemie der TU Braunschweig
1975	Dr. rer. nat.
1978–1980	Bibliotheksreferendar in Braunschweig und Köln
1980	Bibliotheksrat an der Universitätsbibliothek Braunschweig
1985	Bibliotheksoberrat und Stellvertreter des Direktors
1986	Habilitation für Botanik an der TU Braunschweig
seit 1987	Direktor der Universitätsbibliothek Braunschweig
1990	apl. Professor

Publikationen: ca. 150 Aufsätze, hauptsächlich auf dem Gebiet der Geobotanik, in wissenschaftlichen Zeitschriften

Buchveröffentlichungen:
[mit D. Griese] Siedlungs- und Ruderalvegetation von Niedersachsen.
[mit E. Preising u.a.] Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens.

Herausgebertätigkeiten:
Excerpta Botanica Sect. B (Editor in chief)
Mitglied im Advisory Board der Zeitschriften:
„Nordic Journal of Botany" und „Hercynia"

Mitgliedschaften in Beratungskommissionen:

1989–1994	Board of Directors der International Association of Technical University Libraries
1992–1993	Vorsitzender des Niedersächsischen Beirats für Bibliotheksangelegenheiten
1996–1997	Mitglied der Verbundleitung des „gemeinsamen Bibliotheksverbundes" von 7 Bundesländern

Preise: Hörlein-Preis des Verbandes deutscher Biologen 1966

Jockusch, Brigitte M., Dr. rer. nat., Univ.-Prof. für Zoologie an der TU Braunschweig.
Wendenstraße 28/29, 38100 Braunschweig

1939, 27.09.	geboren in Berlin
1958–1964	Studium (Biologie, Chemie, Physik, Geographie) an den Universitäten München und Tübingen
1964	Staatsexamen für das Höhere Lehramt
1967	Dr. rer. nat., Universität München
1967–1968	Wissenschaftliche Assistentin am MPI für Zellbiologie, Tübingen
1968–1970	Postdoctoral Fellow am McArdle Lab. Cancer Research, Universität Wisconsin, Madison, Wisc. USA
1970–1975	Arbeitsgruppenleiter am MPI für Biologie, Tübingen

1972	Habilitation an der Universität Tübingen für das Fach Biologie
1975–1978	Assistenzprofessor am Biozentrum der Universität Basel
1978–1982	Group Leader am European Molecular Biology Laboratory (EMBL), Heidelberg
1979	Umhabilitation an die Universität Heidelberg für das Fach Zellbiologie
1982–1986	Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Bielefeld, Entwicklungsbiologie
1982	Umhabilitation an die Universität Bielefeld für das Fach Zellbiologie
1983	Verleihung des Titels „Apl. Professor"
1985–1993	Gründungssprecher und Sprecher des Sonderforschungsbereiches 223 „Pathomechanismen zellulärer Wechselwirkungen"
1986	C3-Professur für Zellbiologie an der Universität Bielefeld
1993	Rufe auf C4-Professuren in Witten-Herdecke, Braunschweig, Bielefeld
seit 1993	C4-Professur, TU Braunschweig

Publikationen: ca. 120 Aufsätze in Fachzeitschriften

Preise und Ernennungen:

1982	Wahl zum Mitglied der European Molecular Biology Organization
1985–1991	Vizepräsidentin der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie
1987	Kulturpreis der Stadt Bielefeld
1991	Ernennung zum Mitglied der Minerva-Stipendien-Kommission der MPG für deutsch-israelische Zusammenarbeit durch den Bundesminister für Forschung und Technologie
1994	Ernennung zum Mitglied des Aufsichtsrates der Gesellschaft für Biotechnologische Forschung in Braunschweig

Zum korrespondierenden Mitglied wurde am 12.04.1996 gewählt:

in die Klasse für Ingenieurwissenschaften

Crighton, David G., FRS, Head of Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge, United Kingdom

Zu ordentlichen Mitgliedern wurden am 13.12.1996 gewählt:

in die Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Hulek, Klaus, Dr. rer. nat. habil., Univ.-Prof. für Mathematik an der Universität Hannover. Peiner Weg 17, 31303 Burgdorf

1952, 19.08.	geboren in Hindelang
1971	Abitur, Gymnasium Fürstenfeldbruck
1971–1976	Studium der Mathematik in München und Oxford
1976	Dipl.-Mathematiker
1977–1984	Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Erlangen
1979	Dr. rer. nat.
1984	Habilitation, Universität Erlangen
1985–1990	Professor (C2/C3) an der Universität Bayreuth
seit 1990	Professor (C4) an der Universität Hannover

Publikationen: ca. 50 Aufsätze in Fachzeitschriften
Buchveröffentlichungen: Projective Geometry of Elliptic Curves.
[mit C. Kahn und S. Weintraub]
Compactification, Degenerations and Theta Functions.

Herausgebertätigkeit:
[mit T. Peternell u.a.] Algebraic Varieties.
[mit W. Barth und H. Lange] Abelian Varieties.
Mathematische Nachrichten (Mitherausgeber)

Preise und Ernennungen:

1985	Emmy-Noether-Preis der Universität Erlangen
1991–1994	Mitglied der Struktur- und Berufungskommission der Humboldt-Universität

Litterst, Fred Jochen Dr. rer. nat. habil., Univ.-Prof. für Physik an der TU Braunschweig.
Nordendorfweg 4a, 38110 Braunschweig

1945, 09.12.	geboren in Göggingen (Augsburg)
1965	Abitur, Holbein-Oberrealschule Augsburg
1965–1971	Studium der Physik an der TH München
1971	Dipl.-Physiker
1974	Dr. rer. nat., TU München
1974–1982	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, TU München
1983	Habilitation, TU München
1983–1984	Wissenschaftlicher Angestellter, IFF, KFA Jülich
1984–1989	Heisenbergstipendiat der DFG
1989–1993	Fiebigerprofessur an der TU Braunschweig
1993	Rufe auf C4-Professuren in Dresden und Braunschweig
seit 1993	C4-Professur, TU Braunschweig

Publikationen: ca. 140 Aufsätze in Fachzeitschriften

Herausgebertätigkeit:
[mit E.M .Kalvius] Nuclear Methods in Magnetism, 3 Bände

in die Klasse für Geisteswissenschaften

Peine, Franz-Joseph, Dr. jur., Univ.-Prof. für Öffentliches Recht an der Universität Göttingen.
Kurpromenade 71b, 14089 Berlin

1946, 18.08.	geboren in Detmold
1968	Abitur, Westfalen-Kolleg Paderborn
1969–1974	Studium der Rechtswissenschaft in Göttingen und Bielefeld
1974	Erste Juristische Staatsprüfung
1976	Zweite Juristische Staatsprüfung
1974–1982	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Universität Bielefeld
1982	Habilitation, Universität Bielefeld
1982/83	Lehrstuhlvertretung in Mannheim
1983/84	Lehrstuhlvertretung in Göttingen
1984–1990	Professur für Öffentliches Recht, Universität Hannover
1990–1995	Professur für Öffentliches Recht, FU Berlin
seit 1995	Professur für Öffentliches Recht, Universität Göttingen

Publikationen: ca. 100 Publikationen, darunter
Systemgerechtigkeit – Die Selbstbindung des Gesetzgebers als Maßstab der Normenkontrolle, 1985. Habil.-Schrift.
Kommentar zum Gesetz über technische Arbeitsmittel, 2. Aufl. 1995.

Öffentliches Baurecht, 3. Aufl. 1997.
Allgemeines Verwaltungsrecht, 3. Aufl. 1997.
Normenkontrolle und Konstitutionelles System, Der Staat 1983.
Bodenschutz, Entwurf des Kapitels Bodenschutzrecht im sog. Professorenentwurf eines Umweltgesetzbuches, UBA-Berichte 4/1994.

Herausgebertätigkeit:
[mit Dreyhaupt und Wittkämper] Umwelthandwörterbuch

Tätigkeit in Beratungskommissionen:
Mitglied der den Umweltminister des Bundes beratenden Professorengruppe zur Schaffung eines Umweltgesetzbuches

Salje, Peter, Dr. jur. Dr. rer. pol., Univ.-Prof. für Zivilrecht und Recht der Wirtschaft an der Universität Hannover.
Kollenrodtstraße 7, 30161 Hannover

1948, 09.02.	geboren in Sulingen/Hannover
	Studium der Rechtswissenschaft und der Betriebswirtschaftslehre in Münster und Freiburg
1973	Erstes Juristisches Staatsexamen
1976	Dipl.-Kaufmann
1978	Zweites Juristisches Staatsexamen
1978	Dr. jur.
1980	Dr. rer. pol.
1979–1989	Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Rechtswissenschaftlichen Fakultät der Universität Münster
1988	Habilitation, Universität Münster
seit 1990	Universitätsprofessor (C4) an der Universität Hannover

Publikationen: ca. 80 Veröffentlichungen, darunter:
Lehr- und Übungsbücher zum Bürgerlichen Recht (seit 1990).
Umwelthaftungsgesetz, Kommentar, München 1993.
Umwelthaftung kommunaler Betriebe und Einrichtungen, München 1993.
Vertrag zu Lasten Dritter im Sozialrecht, NZA 1990.
Wettbewerbsprobleme im Kreditkartengeschäft, WRP 1990.
Energieeinsparung als rechtliches Ordnungsproblem, ET 1982.
Die mittelständische Kooperation zwischen Wettbewerbspolitik und Kartellrecht (§ 5b GWB), Tübingen 1981.
Preismißbrauch durch Elektrizitätsversorgungsunternehmen, Köln/Berlin/München 1978.

Herausgebertätigkeit:
Herausgeber der Schriftenreihe „Recht und Ökonomie“

Zum korrespondierenden Mitglied wurde am 13.12.1996 gewählt:

in die Klasse für Geisteswissenschaften

Fleckenstein, Josef, Dr. phil., o. Prof. em., zuvor Direktor des Max-Planck-Instituts für Geschichte in Göttingen

Inhaber der Carl-Friedrich-Gauß-Medaille 1949–1996

1949 *Walter Reppe* †, Dr. phil., Dr. phil. nat. h.c., Dr.-Ing. E.h., Honorarprofessor der Universität Mainz und der Technischen Hochschule Darmstadt.

1950 *Arvid Hedvall* †, fil. dr., Dr. phil. h.c., Dr.-Eng. h.c., Dr.Techn. h.c., em. o. Professor für Silikatchemie der Technischen Hochschule Göteborg/Schweden.

1951 *Wilhelm Nusselt* †, Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Theoretische Maschinenlehre an der Technischen Hochschule München.

1952 *Erwin W. Müller,* Dr.-Ing. habil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. h.c., Evan-Pugh Res. Professor an der Pennsylvania State University, University Park, Penn./USA.

1953 *Gustav Wolf* †, Dr.-Ing. E.h., Professor in Münster.

1954 *Max Strutt* †, Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Höhere Elektrotechnik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich/Schweiz.

1955 *Fritz Arndt* †, Dr. phil., Dr. rer. nat. h.c., Dr. h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Breslau, Honorarprofessor an der Universität Hamburg.

1955 *Pascual Jordan* †, Dr. phil., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Hamburg.

1956 *Ulrich Finsterwalder* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., München.

1957 *Georg Sachs* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Metallurgie an der Syracuse University, Syracuse, N.Y./USA.

1958 *Werner Schmeidler* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Mathematik an der Technischen Universität Berlin.

1959 *Hans Brockmann* †, Dr. sc. nat. habil., Dr. rer. nat. h.c., em. o. Professor für Organische Chemie an der Universität Göttingen.

1960 *Theodor von Karman* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Dr. rer. nat. h.c. mult., LL. D., Professor am California Institute of Technology, Pasadena, Calif./USA.

1961 *Kurt Paul Klöppel* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Statik und Stahlbau an der Technischen Hochschule Darmstadt.

1962 *Walter Schottky* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Dr. rer. nat. h.c., Dr. techn. h.c., em. o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Erlangen.

1963 *Gottfried Köthe* †, Dr. phil., Dr. h.c., Dr. rer.nat. h.c. mult., em. o. Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Heidelberg.

1964 *Carl Wagner* †, Dr. phil., Dr. rer.nat. h.c., Dr.-Ing. E.h., Professor und vormals Direktor des Max-Planck-Instituts für Physikalische Chemie in Göttingen.

1965 *Albert Betz* †, Dr. phil., Dr.-Ing. E.h., Dr. sc. techn. h.c., Professor und vormals Direktor der Aerodynamischen Versuchsanstalt und des Max-Planck-Instituts für Strömungsforschung in Göttingen.

1966 *Wilhelm Becker* †, Dr. phil., Dr. h.c., em. o. Professor und Direktor dcr Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel/Schweiz.

1967 *Henry Görtler* †, Dr. phil. habil., LL. D. h.c., em. o. Professor der Mathematik und vormals Direktor des Instituts für Angewandte Mathematik der Universität Freiburg i. Br.

1968 *Egon Orowan* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Mechanical Engineering am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass. [USA].

1969 *E. Arne Bjerhammer,* tekn. dr., Professor für Geodäsie an der Kungl. Tekniska Högskolan in Stockholm Schweden.

1970 *Elie Carafoli* †, Dr. rer. nat., Professor für Aero-Gas-Dynamik an dem Polytechnischen Institut Bukarest und vormals Direktor des Institut de Mecanique des Fluides „Traian Vuia" in Bukarest/Rumänien.

1971 *Walter Dieminger,* Dr. rer. techn., apl. Professor für Geophysik an der Universität Göttingen und vormals Direktor des Max-Planck-Instituts für Aeronomie in Lindau/Harz.

1972 *Hubert Rüsch* †, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Massivbau an der Technischen Hochschule München und vormals Direktor des Amtlichen Materialprüfungsamtes für das Bauwesen.

1973 *Viktor Gutmann,* Dr. techn., Ph.D., Sc.D. Dr. rer. nat. h.c., Dr. Sc. h.c., em. o. Professor für Anorganische Chemie an der Technischen Universität Wien/Österreich.

1974 *Friedrich Tamms* †, Dr. h.c., Professor, Beigeordneter der Stadt Düsseldorf (Stadtbaurat i.R.), Freischaffender Planer.

1975 *Sir Michael James Lighthill,* FRS, FRAeS, Hon. D. Sc. mult., Professor für Mathematik an der University of Cambridge/Großbritannien.

1977 *Walter Maurice Elsasser* †, Dr. phil., o. Professor für Geophysik an der Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland/USA.

1977 *Helmut Moritz,* Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., o. Professor für Geodäsie an der Technischen Universität Graz/Österreich.

1977 *László Fejes Tóth,* Dr., Professor und Direktor des Mathematischen Forschungsinstituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest/Ungarn.

1978 *Ulrich Grigull,* Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., em. o. Professor für Thermodynamik an der Technischen Universität München.

1979 *Wolf Freiherr von Engelhardt,* Dr. phil., em. o. Professor für Mineralogie und Petrographie an der Universität Tübingen.

1980 *Hans Kuhn,* Dr. phil., Dr. rer. nat. h.c., Professor und vormals Direktor am Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen.

1981 *Martin Kneser,* Dr. rer. nat., o. Professor für Mathematik an der Universität Göttingen.

1982 *Walter Burkert,* Dr. phil., o. Professor für Klassische Philologie an der Universität Zürich/Schweiz.

1983 *Leopold Müller* †, Dr. techn., Dr. mont. h. c., Honorarprofessor an der Universität Salzburg (Felsmechanik), Salzburg/Österreich.

1984 *Heinz Beneking* †, Dr. rer. nat., o. Professor und Direktor des Instituts für Halbleitertechnik an der RWTH. Aachen.

1985 *Gerhard Ertl,* Dr. rer. nat., Dr. h. c., Professor und Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin.

1986 *Arno Borst,* Dr. phil., o. Professor für Geschichte des Mittelalters an der Universität Konstanz.

1987 *Olgierd Cecil Zienkiewicz,* FRS, Ph. D., D. Sc., Hon. D. Sc. mult., Professor of Civil Engineering an der University of Wales, Swansea/Großbritannien.

1988 *Heinz Brauer,* Dr.-Ing., Professor für chemische Ingenieurtechnik an der Technischen Universität Berlin.

1989 *Herbert Walther,* Professor für Experimentalphysik an der Universität München und Direktor des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching.

1990 *Raymond Klibansky,* Dr. phil. Dr. phil. h. c., Professor der Philosophie (Logik und Metaphysik) an der McGill University in Montreal, Kanada, und Fellow des Wolfson College, Oxford.

1991 *Wilfried B. Krätzig,* Dr.-Ing., Professor für Ingenieurmechanik an der Ruhr-Universität Bochum.

1992 *Ernst-Dieter Gilles,* Dr.-Ing., Professor für Meß- und Regelungstechnik an der Universität Stuttgart.

1993 *Hans-Heinrich Voigt,* Dr. rer. nat., o. Univ.-Prof. em. für Astronomie und Astrophysik an der Universität Göttingen.

1994 *Josef Fleckenstein,* Dr. phil., o. Prof. em., zuvor Direktor des Max-Planck-Instituts für Geschichte in Göttingen.

1995 *David G. Crighton,* FRS, Head of Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge.

1996 *Gerhard Frey,* Dr. rer. nat., Professor für Mathematik an der Universität Essen.

MITGLIEDERVERZEICHNIS

(Stand: 31.12.96)

Braunschweigische Wissenschaftliche Gesellschaft

Fallersleber-Tor-Wall 16, 38100 Braunschweig
Telefon: (0531) 14466 · Telefax: (0531) 14460

Präsident: Prof. em. Dr. phil. Norbert Kamp (bis 31.12.1998)

Generalsekretär: Prof. Dr. rer. nat. Helmut Braß (bis 31.12.1997)

Geschäftsstelle: Frau Hannelore Haubold (Büroleiterin)
Frau Gabriele Köppelmann (beurlaubt)
Frau Gabriele Petersen

Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften

Vorsitzender: Prof. em. Dr. phil. Horst Tietz (bis 31.12.1997)

Ordentliche Mitglieder:

Becker, Gerhard (21.12.1916), Dr. rer. nat., Dr.-Ing. h. c., Ltd. Dir. u. Prof. i. R. (Physik, PTB Braunschweig), Dießelhorststraße 32, 38116 Braunschweig

Bogen, Hans Joachim (19.11.1912), Dr. rer. nat., Prof. em. (Botanik, TU Braunschweig), Am Hohen Tore 4A, 38118 Braunschweig

Brandes, Dietmar (12.03.1948), Dr. rer. nat habil., Prof. (Botanik, Direktor der Universitätsbibliothek Braunschweig), Allerstraße 7, 38106 Braunschweig

Braß, Helmut (22.2.1936), Dr. rer. nat., Prof. (Angewandte Mathematik, TU Braunschweig), Hilsstraße 26, 38122 Braunschweig

Cramer, Friedrich (20.9.1923), Dr. rer. nat., Prof. u. Dir. (Organische Chemie, MPI für Experimentelle Medizin, Göttingen), Hermann-Rein-Straße 3F, 37075 Göttingen

Dieminger, Walter (7.7.1907), Dr.rer.techn., apl. Prof. u. Dir. i.R. (Aeronomie, MPI für Aeronomie, Lindau), Berliner Straße 14, 37176 Nörten-Hardenberg

Ehrich, Hans-Dieter (2.2.1943), Dr. rer. nat., Prof. (Informatik, TU Braunschweig), Mannheimstraße 66, 38112 Braunschweig

Glaßmeier, Karl-Heinz (28.4.1954), Dr. rer. nat., Prof. (Geophysik, TU Braunschweig), Friedrich-Löffler-Weg 13, 38116 Braunschweig

Görlitzer, Klaus (29.7.1940), Dr. rer. nat., Prof. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Waterloostraße 15, 38106 Braunschweig

Harborth, Heiko (11.2.1938), Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik, TU Braunschweig), Bienroder Weg 47, 38106 Braunschweig

Hartmann, Thomas (2.2.1937), Dr. rer. nat., Prof. (Pharmazeutische Biologie, TU Braunschweig), Walter-Hans-Schultze-Straße 21, 38116 Braunschweig

Haul, Robert (31.5.1912), Dr.-Ing. habil., Prof. em. (Physikalische Chemie, Universität Hannover), Schellingstraße 5, 30625 Hannover

Heidberg, Joachim (30.1.1933), Dr. phil. nat., Prof. (Physikalische Chemie, Universität Hannover), Zuckmayerstraße 9, 30453 Hannover

Hövermann, Jürgen (15.3.1922), Dr. rer. nat., Prof. em. (Geographie, Universität Göttingen), Nelkenweg 10, 37154 Northeim

Hopf, Henning (13.12.1940), Dr. phil., Prof. (Organische Chemie, TU Braunschweig), Steinbrecherstraße 9, 38106 Braunschweig

Hulek, Klaus Wolfgang (19.8.1952), Dr. rer. nat. habil., Prof. (Mathematik, Universität Hannover), Peiner Weg 17, 31303 Burgdorf

Jockusch, Brigitte M. (27.09.1939), Dr. rer. nat., Prof. (Zoologie, (TU Braunschweig), Wendenstraße 28/29, 38100 Braunschweig

Kanold, Hans-Joachim (29.7.1914), Dr. rer. nat.habil., Prof. em. (Mathematik, TU Braunschweig), Güldenstraße 41, 38100 Braunschweig

Kersten, Martin (28.4.1906), Dr.-Ing., Honorarprof. u. Präs. i.R. (Physik, PTB Braunschweig), Am Hohen Tore 4 A, 38118 Braunschweig

Kertz, Walter (29.2.1924), Dr. rer. nat., Dr. h. c., Prof. em. (Geophysik und Meteorologie, TU Braunschweig), Pestalozzistraße 2, 38114 Braunschweig

Kowalsky, Hans-Joachim (16.7.1921), Dr. rer. nat., Prof. em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 20, 38302 Wolfenbüttel

Litterst, Fred Jochen (9.12.1945), Dr. rer. nat. habil., Prof. (Experimentalphysik, TU Braunschweig), Nordendorfweg 4 a, 38110 Braunschweig

Maaß, Günter (7.1.1934), Dr. rer. nat., Prof. (Biophysikalische Chemie, Direktor der GBF), Im Eichholz 27, 30657 Hannover

Müller, Georg (1.10.1930), Dr. rer. nat., Dr. rer. nat. h. c., Prof. (Mineralogie und Petrographie, TU Clausthal), Einersberger Blick 27, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Müller, Hans Robert (26.10.1911), Dr. phil., Prof. em. (Mathematik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 49, 38302 Wolfenbüttel

Pilger, Andreas (19.12.1910), Dr. phil. habil., Prof. em. (Geologie und Paläontologie, TU Clausthal), Berliner Straße 125, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Richter, Egon (24.3.1928), Dr. rer. nat., Prof. em. (Theoretische Physik, TU Braunschweig) Sommerlust 33, 38118 Braunschweig

Rieger, Georg Johann (16.8.1931), Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik, Universität Hannover), Rosenstraße 2, 31311 Uetze

Röhrs, Manfred (22.9.1927), Dr. rer. nat., Prof. (Zoologie, Tierärztliche Hochschule Hannover), Im Dorffeld 43, 30966 Hemmingen

Schügerl, Karl (22.6.1927), Dr. rer. nat., Dr. h. c., Prof. (Technische Chemie, Universität Hannover), Arnumer Kirchstraße 31, 30966 Hemmingen

Schumann, Hilmar (8.11.1902), Dr. phil. habil., Prof. em. (Mineralogie, TU Braunschweig), Wohnpark Hohetor, Madamenweg 14, 38118 Braunschweig

Schwab, Klaus (20.5.1933), Dr. rer. nat., Prof. (Geologie und Paläontologie, TU Clausthal), Berliner Straße 119, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Schwink, Christoph (20.3.1928), Dr. rer. nat., Prof. em. (Physik, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 21, 38106 Braunschweig

Stahl, Wolfgang (17.8.1935), Dr. rer. nat., Dir. u. Prof. (Isotopengeochemie und -geophysik, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), Hermann-Löns-Weg 14, 30938 Burgwedel

Steudel, Andreas (17.2.1925), Dr. rer. nat., Prof. (Physik, Universität Hannover), Hahnensteg 41C, 30549 Hannover

Tietz, Horst (11.3.1921), Dr. phil., Prof. em. (Mathematik, Universität Hannover), Röddinger Straße 31, 30823 Garbsen

Vollmar, Roland (1.11.1939), Dr.-Ing., Prof. (Informatik, Universität Karlsruhe), Wendtstraße 10, 76185 Karlsruhe

Wannagat, Ulrich (31.5.1923), Dr. rer. nat., Dr. techn. h. c., Prof. em. (Anorganische Chemie, TU Braunschweig), Waldweg 12, 38302 Wolfenbüttel

Weinert, Hanns Joachim (26.1.1927), Dr. phil. et rer. nat. habil., Prof. (Mathematik, TU Clausthal), Glückaufweg 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Welling, Herbert (1.9.1929), Dr. rer. nat., Prof. (Physik, Universität Hannover), Nogatweg 13, 30916 Isernhagen

Willerding, Ulrich (8.7.1932), Dr. rer. nat., apl. Prof. (Botanik, Universität Göttingen), Calsowstraße 60, 37085 Göttingen

Winterfeldt, Ekkehard (13.5.1932), Dr. rer. nat., Dr. h. c., Prof. (Organische Chemie, Universität Hannover), Sieversdamm 34, 30916 Isernhagen

Zinner, Gerwalt (30.9.1924), Dr. phil., Prof. em. (Pharmazeutische Chemie, TU Braunschweig), Am Papenholz 14, 38104 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

Bartels, Heinz, Dr. med., Prof. em. (Vegetative Physiologie, Medizinische Hochschule Hannover), Am Rehberg 7, 78337 Öhningen

Bürger, Hans, Dr. rer. nat., Prof. (Anorganische Chemie, Bergische Universität Wuppertal), Kruppstraße 230, 42113 Wuppertal

Engelhardt, Wolf, Freiherr von, Dr. phil., Prof. em. (Mineralogie und Petrographie, Universität Tübingen), Wilhelmstraße 56, 72074 Tübingen

Ertl, Gerhard, Dr. rer. nat., Prof. u. Dir. (Physikalische Chemie, Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft), Garystraße 18, 14195 Berlin

Fejes Tóth, László, Dr., Prof. (Mathematik, Hungarian Academy of Sciences), Realtanoda U. 13–15, H-1053 Budapest V/Ungarn

Gutmann, Viktor, Dr. techn., Ph.D., Sc.D., Dr. rer. nat. h. c., Dr. Sc. hc., Prof. em. (Anorganische Chemie, TH Wien), Trinksgeltgasse 16, A-2380 Perchtoldsdorf/Österrich

Haken, Hermann, Dr. rer. nat., Dr. h. c. mult., Prof. (Theoretische Physik, Universität Stuttgart), Sandgrubenstraße 1, 71063 Sindelfingen

Hengge, Edwin, Dr. techn., Prof. (Anorganische Chemie, TU Graz), Ziegelstraße 9 z, A-8045 Graz/Österreich

Keßler, Franz Rudolf, Dr. phil., Prof. em. (Physik, TU Braunschweig), Am Krausberg 12, 52351 Düren

Kippenhahn, Rudolf, Dr. rer. nat., Prof. u. Dir. (Astrophysik, MPI für Physik und Astrophysik), Rautenbreite 2, 37077 Göttingen

Kneser, Martin, Dr. rer. nat., Prof. (Mathematik, Universität Göttingen), Guldenhagen 5, 37085 Göttingen

Kuhn, Hans, Dr. phil., Prof. u. Dir. i.R. (Biophysikalische Chemie, MPI Göttingen), Ringoldswilstraße 50, CH-3656 Tschingel ob Gunten/Schweiz

Mensching, Horst, Dr. rer. nat., Prof. em. (Geographie, Universität Hamburg), Pulverhofsweg 46, 22156 Hamburg

Meschede, Dieter, Dr. rer. nat., Prof. (Angewandte Physik, Universität Bonn), Wegeler Straße 8, 53115 Bonn

Schaller, Friedrich, Dr. rer. nat., Prof. (Zoologie, Universität Wien), Regenweg 1/14/3, A-1170 Wien/Österreich

Scriba, Christoph J., Dr. rer. nat., Prof. (Geschichte der Naturwissenschaften, Universität Hamburg), Bellevue 23, 22301 Hamburg

Voigt, Hans Heinrich, Dr. rer. nat., Prof. em. (Astronomie und Astrophysik, Universität Göttingen), Charlottenburger Straße 19, 37085 Göttingen

Voronkov, Michael Gregor, Dr. rer. nat., Dr. h.c., Prof. u. Dir. (Chemie, Siberian Division of the Academy of Science), 1 Favorsky Street, 664033 Irkutsk/GUS

Witting, Hermann, Dr. rer. nat. habil., Dr. rer. nat. h. c., Prof. (Mathematik, Universität Freiburg), Anemonenweg 3, 79107 Freiburg

Klasse für Ingenieurwissenschaften

Vorsitzender: Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. rer. nat. h.c. Hans-Georg Unger (bis 31.12.1996)

Ordentliche Mitglieder:

Baehr, Hans Dieter (24.6.1928), Dr.-Ing., Dr. E.h., Prof. (Thermodynamik, Universität Hannover), Max-Eyth-Straße [illegible], 30173 Hannover

Batel, Wilhelm (3.11.19[illegible]), Dr.-Ing., Prof. u. Dir. (Verfahrenstechnik, FAL Braunschweig), Peter-Joseph-Krahe-Straße 8, 38102 Braunschweig

Billib, Herbert (21.10.1904), Dr.-Ing., Dr. nat. techn. h. c., Prof. em. (Wasserwirtschaft, Hydrologie, Landwirtschaftlicher Wasserbau, Universität Hannover), Franzenbaderhof 9, 30559 Hannover

Bohnet, Matthias (20.7.1933), Dr.-Ing., Prof. (Verfahrens- und Kerntechnik, TU Braunschweig), Otto-Hahn-Straße 45, 38116 Braunschweig

Bretthauer, Karlheinz (5.3.1922), Dr.-Ing., Prof. em. (Elektrotechnik, TU Clausthal), Berliner Straße 45, 38678 ClausthalZellerfeld

Buchwald, Konrad (16.2.1914), Dr. phil. nat. habil., Prof. em. (Landespflege, Universität Hannover), Große Heide 33, 30657 Hannover

Dizioğlu, Bekir (13.12.1920), Dr.-Ing., Prof. em. (Getriebelehre und Maschinendynamik, TU Braunschweig), Marienburgweg 36, 38302 Wolfenbüttel

Duddeck, Heinz (14.5.1928), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Statik, TU Braunschweig), Greifswaldstraße 38, 38124 Braunschweig

Esslinger, Maria 4.3.1913), Dr.-Ing., apl. Prof. (Statik, DLR Braunschweig), Bussardweg 2, 38108 Braunschweig

Funke, Paul (5.2.1930), Dr.-Ing., Prof. (Werkstoffumformung, TU Clausthal), Schulstraße 15, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Gerke, Karl (10.8.1904), Dr.-Ing., Prof. em. (Geodäsie, TU Braunschweig), Spitzwegstraße 19, 38106 Braunschweig

Groth, Klaus (8.12.1923), Dr.-Ing., Prof. em. (Kolbenmaschinen, Universität Hannover), Schaftrift 18, 30952 Ronnenberg

Haeßner, Frank (5.1.1927), Dr. rer. nat., Prof. em. (Werkstoffkunde und Herstellungsverfahren, TU Braunschweig), Julius-Leber-Straße 46, 38116 Braunschweig

Hake, Günter (27.5.1922), Dr.-Ing., Dr. phil. h. c., Prof. em. (Topographie und Kartographie, Universität Hannover), Börie 58, 30966 Hemmingen

Henn, Walter (20.12.1912), Dr.-Ing., Dr. techn. h. c., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Baukonstruktionen und Industriebau, TU Braunschweig), Ramsachleite 13, 82418 Murnau

Herrenberger, Justus (27.5.1920), Dr.-Ing., Prof. em. (Baukonstruktionen, TU Braunschweig), Ginsterweg 22, 38126 Braunschweig

Jeschar, Rudolf (17.6.1930), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Energieverfahrenstechnik, TU Clausthal), Roseneck 1, 38640 Goslar

Kind, Dieter (5.10.1929), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Honorarprof. (Hochspannungstechnik, TU Braunschweig, u. Präsident i. R. der PTB), Knappstraße 4, 38116 Braunschweig

Konecny, Gottfried (17.6.1930), Dr.-Ing., Dr. h. c. mult., Prof. (Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen, Universität Hannover), Wartheweg 22, 30559 Hannover

Kordina, Karl (7.8.1919), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Stahlbeton- und Massivbau, TU Braunschweig), Im Heidekamp 13, 38112 Braunschweig

Kose, Volkmar (30.3.1936), Dr. rer. nat., Honorarprof. (Präzisionsmeßtechnik, PTB Braunschweig), Nernstweg 9, 38116 Braunschweig

Lautz, Günter (15.11.1923), Dr. rer. nat., Prof. em. (Elektrophysik, TU Braunschweig), Fallsteinweg 97, 38302 Wolfenbüttel

Leilich, Hans-Otto (28.11.1925), Dr.-Ing., Prof. em. (Datenverarbeitungsanlagen, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 61 a, 38302 Wolfenbüttel

Leonhard, Werner (25.5.1926), Dr.-Ing., Dr. h.c., Prof. em. (Regelungstechnik, TU Braunschweig), Am Schiefen Berg 32, 38302 Wolfenbüttel

Leschonski, Kurt (17.12.1930), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Mechanische Verfahrenstechnik, TU Clausthal), Am Dammgraben 20, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Lindmayer, Manfred (4.10.1941), Dr.-Ing., Prof. (Elektrische Energieanlagen, TU Braunschweig), Am Papenholz 15, 38104 Braunschweig

Mahrenholtz, Oskar (17.5.1931), Dr.-Ing., Prof. (Mechanik, TU Hamburg-Harburg), Hermann-Löns-Weg 17F, 21220 Seevetal

Marx, Claus (21.8.1931), Dr.-Ing., Dr. h. c., Prof. (Tiefbohrkunde und Erdölgewinnung, TU Clausthal), Am Stollen 18, 38640 Goslar

Matthies, Hans Jürgen (6.11.1921), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Landmaschinen, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 15, 38116 Braunschweig

Mecke, Wilhelm (12.8.1907), Dr.-Ing., Prof. em. (Straßenwesen und Erdbau, TU Braunschweig), Pascheburgring 8, 37154 Northeim

Mitschke, Manfred (6.6.1929), Dr.-Ing., Prof. (Fahrzeugtechnik, TU Braunschweig), Buchfinkweg 1, 38112 Braunschweig

Möller, Dietrich (18.12.1927), Dr.-Ing., Prof. em. (Vermessungskunde, TU Braunschweig), Steinkamp 6, 38165 Lehre

Mühlbauer, Alfred (9.11.1932), Dr.-Ing., Prof. (Elektrowärme, Universität Hannover), Westerfeldweg 44, 30900 Wedemark

Musmann, Hans Georg (14.8.1935), Dr.-Ing., Prof. (Nachrichtentechnik, Universität Hannover), Heckenrosenweg 24, 38259 Salzgitter

Natke, Hans Günther (9.5.1933), Dr. rer. nat., Dr. h. c. mult., Prof. (Dynamik, Schall- und Meßtechnik, Universität Hannover), Pyrmonter Straße 51, 30459 Hannover

Partenscky, Hans-Werner (3.4.1926), Dr.-Ing., Dr. phys., Dr. h.c., Prof. (Verkehrswasserbau und Küsteningenieurwesen, Universität Hannover), Wiehbergstraße 20, 30519 Hannover

Pelzer, Hans (20.1.1936), Dr.-Ing., Prof. (Vermessungskunde, Universität Hannover), An der Worth 26, 30966 Hemmingen

Rögener, Heinz (20.9.1913), Dr. phil., Prof. em. (Thermodynamik, Universität Hannover), Asselweg 10B, 30826 Garbsen

Rostásy, Ferdinand Stefan (4.5.1932), Dr.-Ing., Prof. (Baustoffe und Stahlbetonbau, TU Braunschweig), Nietzschestraße 26, 38126 Braunschweig

Rothert, Heinrich (5.12.1938), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Statik, Universität Hannover), Feldbrunnenstraße 15, 20148 Hamburg

Scheer, Joachim (5.3.1927), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Stahlbau, TU Braunschweig), Wartheweg 20, 30559 Hannover

Schönfelder, Helmut (3.4.1926), Dr.-Ing., Prof. em. (Nachrichtentechnik, TU Braunschweig), Fürstenhofweg 1A, 38667 Bad Harzburg

Schwerdtfeger, Klaus (16.9.1934), Dr.-Ing., Prof. (Allgemeine Metallurgie, TU Clausthal), Zeppelinstraße 28, 38640 Goslar

Steck, Elmar (11.7.1935), Dr.-Ing., Prof. (Mechanik, TU Braunschweig), Mauernstraße 12, 38312 Börssum/Bornum

Stein, Erwin (5.7.1931), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Dr. h.c. mult., Prof. (Baumechanik, Universität Hannover), Am Ortfelde 124, 30916 Isernhagen

Thoma, Manfred (24.2.1929), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Dr. h.c., Prof. (Regelungstechnik, Universität Hannover), Westermannweg 7, 30419 Hannover

Tönshoff, Hans Kurt (14.5.1934), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen, Universität Hannover), Bruchholzwiesen 10, 30938 Burgwedel

Unger, Hans-Georg (14.9.1926), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h. mult., Dr. rer. nat. h.c., Prof. em. (Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 10, 38116 Braunschweig

Weh, Herbert (1.3.1928), Dr.-Ing., Dr. sc. techn. h.c., Prof. (Starkstromtechnik, TU Braunschweig), Wöhlerstraße 20, 38116 Braunschweig

Wiendahl, Hans-Peter (11.2.1954), Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Arbeitsmaschinen und Fabrikanlagen, Universität Hannover), Am Winkelberge 6, 30826 Garbsen

Wierig, Hans-Joachim (22.6.1927), Dr.-Ing., Prof. (Baustoffkunde, Universität Hannover), Hindenburgallee 31, 30989 Gehrden

Zabeltitz, von, Christian (7.8.1932), Dr.-Ing., Prof. (Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover), Hellwiesen 3, 30900 Wedemark

Zenner, Harald (8.7.1938), Dr.-Ing., Prof. (Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal), Siebensternweg 22, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Zielke, Werner (8.7.1937), Dr.-Ing., Prof. (Strömungsmechanik, Universität Hannover), Lönsweg 31, 30826 Garbsen

Korrespondierende Mitglieder:

Bjerhammer, Arne, tekn. dr., Prof. (Geodäsie, Kungl. Tekniska Högskolan), Fack 1044, S-Stockholm 70/Schweden

Crighton, David G., FRS, Prof. (Angewandte Mathematik, Head of Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge), Silver Street, Cambridge, CB3 9EW/ United Kingdom

Garbrecht, Günther, Dr.-Ing., Dr. sc.h.c., Prof. em. (Wasserbau, Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, TU Braunschweig), Drosselweg 15, 38179 Schwülper-Lagesbüttel

Gersten, Klaus, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Thermo- und Fluiddynamik, Universität Bochum), Hofleite 15, 44795 Bochum

Grigull, Ulrich, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Thermodynamik, TU München), Heinrich-Vogl-Straße 1, 81479 München

Hofmann, Wilhelm, Dr.-Ing., Prof. em. (Baukonstruktion und Entwerfen, Universität Hannover), Wohnstift Augustinum, App. 5513, Renteilichtung 8–10, 45134 Essen

Kärner, Hermann C., Dr.-Ing., Dr. h.c., Prof. (Hochspannungstechnik, TU Braunschweig), Harzblick 56, 38122 Braunschweig

Kistenmacher, Hans, Dr.rer.pol., Prof. (Regional- und Landesplanung, Universität Kaiserslautern), Friedrich-Ebert-Straße 1, 67271 Neuleiningen

Kracke, Rolf, Dr.-Ing., Prof. (Verkehrs- und Eisenbahnwesen, Universität Hannover), Buchenweg 4, 30952 Ronnenberg

Krätzig, Wilfried B., Dr.-Ing., Prof. (Statik und Dynamik/Bauingenieurwesen, Ruhr-Universität Bochum), Wagenfeldstraße 8a, 58456 Witten

Kroener, Ekkehart, Dr. rer. nat., Prof. em. (Theoretische und Angewandte Physik, Universität Stuttgart), Bardiliweg 6, 70186 Stuttgart

Mayinger, Franz, Dr.-Ing., Prof. (Verfahrenstechnik, TU München), Am Haselnußstrauch 18, 80935 München

Moritz, Helmut, Dr. techn., Dr.-Ing. E.h., Prof. (Erdmessung und physikalische Geodäsie, TU Graz), Maria-Troster-Straße 114, A-8043 Graz/Österreich

Pierick, Klaus, Dr.-Ing., Prof. (Verkehr, Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, TU Braunschweig), Am Uhlenbusch 31, 38108 Braunschweig

Ruge, Jürgen, Dr.-Ing., Prof. em. (Schweißtechnik und Werkstofftechnologie, TU Braunschweig), Waldstraße 16, 82110 Germering

Schlitt, Herbert, Dr. phil. nat., Prof. (Regelungstechnik, Universität Erlangen-Nürnberg), Egerlandstraße 5, 91058 Erlangen

Spengelin, Friedrich, Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau, Universität Hannover), Habichtshorststraße 12, 30655 Hannover

Stracke, Ferdinand, Dipl.-Ing., Prof. (Städtebau und Regionalplanung, TU München), Karlstraße 43/II, 80333 München

Torge, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof. (Theoretische Geodäsie, Universität Hannover), Mönchekamp 4 A, 30457 Hannover

Triebel, Wolfgang, Dr.-Ing., Honorarprof. (Bauforschung, Universität Hannover), Max-Eyth-Straße 48, 30173 Hannover

Truckenbrodt, Erich, Dr.-Ing., Dr.-Ing. E.h., Prof. em. (Strömungsmechanik, TU München), Josef-Würth-Straße 12, 82031 Grünwald

Weimann, Günter, Dr.-Ing., Prof. em. (Photogrammetrie und Kartographie, TU Braunschweig), Knupfertal 40, 89520 Heidenheim

Zerna, Wolfgang, Dr.-Ing., Prof. em. (Konstruktiver Ingenieurbau, Universität Bochum), Am Wittenstein, 45527 Hattingen

Zumpe, Günter, Dr.-Ing. habil., Prof. (Mechanik, TU Dresden), Goetheallee 32 A, 01309 Dresden

Klasse für Geisteswissenschaften

Vorsitzender: Prof. Dr. med. Dr. phil. habil. Claus-Artur Scheier (bis 31.12.1998)

Ordentliche Mitglieder:

Boeder, Heribert (17.11.1928), Dr. phil., Prof. (Philosophie, Universität Osnabrück), Lönsweg 10, 49076 Osnabrück

Henne, Helmut (5.4.1936), Dr. phil., Prof. (Germanistische Linguistik, TU Braunschweig), Platanenstraße 27, 38302 Wolfenbüttel

Kamp, Norbert (24.8.1927), Dr. phil., Prof. em. (Mittelalterliche Geschichte, Universität Göttingen), Leipziger Straße 236 B, 38124 Braunschweig

Kühne, Gunther (25.8.1939), LL.M., Dr. jur., Prof. (Berg- und Energierecht, TU Clausthal), Arnold-Sommerfeld-Straße 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Lohse, Eduard (19.2.1924), Dr. theol. D., Honorarprof. und Landesbischof i. R. (Ev.-luth. Landeskirche Hannover), Ernst-CurtiusWeg 7, 37075 Göttingen

Maurach, Gregor (3.3.1932), Dr. phil., Prof. (Lateinische Philologie, Universität Münster), Anton-Aulke-Straße 27, 48167 Münster

Meckseper, Cord (29.10.1934), Dr.-Ing. habil., Prof. (Bau- und Kunstgeschichte, Universität Hannover) Eisenacher Weg 4, 30179 Hannover

Mohr, Hans-Heinrich (1.6.1917), Dr. rer. pol. (Versicherungswissenschaften), Am Bürgerpark 4 a, 38102 Braunschweig

Müller, Gerhard (10.5.1929), Dr. theol., D.D., Honorarprof. und Landesbischof i. R. (Ev.-luth. Landeskirche Braunschweig), Sperlingstraße 59, 91056 Erlangen

Nitz, Hans-Jürgen (20.8.1929), Dr. phil., Prof. (Kulturgeographie, Universität Göttingen), Kramberg 21, 37120 Bovenden

Oberbeck, Gerhard (5.10.1925), Dr. rer. nat., Prof. em. (Geographie und Wirtschaftsgeographie, Universität Hamburg), Ginsterweg 4, 25474 Ellerbek

Peine, Franz-Joseph (18.8.1946), Dr. jur., Prof. (Öffentliches Recht, Universität Göttingen), Kurpromenade 71 b, 14089 Berlin

Raabe, Paul (21.2.1927), Dr. phil. habil., Dr. h. c. mult, apl. Prof. (Deutsche Literaturwissenschaft, Universität Göttingen, ehem. Direktor der Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel), Roseggerweg 45, 38304 Wolfenbüttel

Rengeling, Hans-Werner (25.2.1938), Dr. jur., Prof. (Umweltrecht, Universität Osnabrück), Langeworth 143, 48159 Münster

Rötting, Hartmut (11.8.1932), M.A., Honorarprof. (Denkmalpflege, Stadtarchäologie, TU Braunschweig), Lobmachtersche Straße 18, 38312 Cramme

Salje, Peter (8.2.1948), Dr. jur. Dr. rer. pol., Prof. (Rechtswissenschaften, Universität Hannover), Kollenrodtstraße 7, 30161 Hannover

Scheier, Claus-Artur (8.9.1942), Dr. med. Dr. phil. habil., Prof. (Philosophie, TU Braunschweig), Brahmsstraße 1, 38106 Braunschweig

Schillemeit, Jost (18.2.1931), Dr. phil., Prof. (Deutsche Literaturwissenschaft, TU Braunschweig), Friedensallee 48, 38104 Braunschweig

Schindel, Ulrich (10.10.1935), Dr. phil. habil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Göttingen), Albert-Schweitzer-Straße 3, 37075 Göttingen

Thieme, Werner (13.10.1923), Dr. jur., Prof. em. (Verwaltungslehre, Universität Hamburg), Am Karpfenteich 58, 22339 Hamburg

Thies, Harmen (26.12.1941), Dr. phil., Prof. (Baugeschichte, TU Braunschweig), Rodeweg 3, 38162 Abbenrode

Warncke, Carsten-Peter (21.6.1947), Dr. phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Göttingen), Rohnsweg 25, 37085 Göttingen

Wilhelm, Herbert (8.6.1922), Dr. oec., Prof. em. (Volkswirtschaftslehre, TU Braunschweig), Hirschbergstraße 16, 38124 Braunschweig

Korrespondierende Mitglieder:

Borst, Arno, Dr. phil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Universität Konstanz), Längerbohlstraße 42, 78467 Konstanz

Burkert, Walter, Dr. phil., Prof. (Klassische Philologie, Universität Zürich), Wildsbergstraße 8, CH-8610 Uster/Zürich/Schweiz

Ehlers, Joachim, Dr. phil., Prof. (Geschichtswissenschaften, FU Berlin), Am Wieselbau 9, 14169 Berlin

Elbern, Victor H., Dr. phil., Honorarprof. (Kunstgeschichte, FU Berlin), Ilsensteinweg 42, 14129 Berlin

Fehl, Philipp P., Ph.D., Dr. phil., Prof. em. (Kunstgeschichte, School of Art and Design, University of Illinois), 408 East Peabody Drive, University of Illinois, USA-Champaign, Illinois 61820/USA

Fleckenstein, Josef, Dr. phil., Prof. em. (Mittelalterliche Geschichte (ehem. Direktor am Max-Planck-Institut für Geschichte in Göttingen), Zur Akelei 37, 37077 Göttingen

Garrigues, Marie-Odile, Dr. phil., Prof. (Philosophie und Theologie)

Klibansky, Raymond, Dr. phil., Prof. (Philosophie, Wolfson College, Oxford University), GB-Oxford OX2 6UD/Großbritannien

Lavrov, Sergej, Dr., Prof. (Ökonomische Geographie, Universität St. Petersburg), St. Petersburg/GUS

Neumann, Günter, Dr. phil., Prof. em. (Sprachwissenschaften, Universität Würzburg), Thüringer Straße 20, 97078 Würzburg

Narkiss, Bezalel, Dr. phil., Prof. (Department of Art History und Direktor des Index of Jewish Art, Hebrew University Jerusalem), The Hebrew University, Jerusalem/Israel

Oexle, Otto Gerhard, Dr. phil., Prof. (Geschichte, Direktor des MPI für Geschichte, Göttingen), Planckstraße 15, 37073 Göttingen

Peroni, Adriano, Dr. phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Florenz), Via Lungo L'Affrico 164, I-50137 Florenz/Italien

Poeschke, Joachim, Dr. phil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Münster), Rudolf-von-Langaen-Straße 26, 48147 Münster

Rambaldi, Enrico, Dr. phil., Prof. (Philosophie, Universität Mailand), Via Monte Bianco 36, I-20149 Mailand/Italien

Raupach, Hans, Dr. jur., Prof. (Volkswirtschaft, Universität München), bei Dr. Hoenes, Maisinger Weg 24, 82319 Söcking

Rosen, Stanley, Dr. phil., Prof. (Philosophie, Pennsylvania State University)

Schneidmüller, Bernd, Dr. phil. habil., Prof. (Mittelalterliche Geschichte, Universität Bamberg), Reuthersberg 18, 96135 Stegaurach

Ströker, Elisabeth, Dr. phil., Dr. phil. h. c., Prof. (Philosophie, Universität Köln), Wüllnerstraße 135, 50935 Köln

Szlezák, Thomas A., Dr. phil., Prof. (Griechische Philologie, Universität Tübingen), Neckarhalde 3, 72070 Tübingen

Tsujimura, Koichi, Dr. phil., Prof. (Philosophie, Universität Kyoto), Sakyoku, Kamitakano, Higashida-cho 12, J-606 Kyoto/Japan

Ullmann, Ernst, Dr. phil. habil., Prof. (Kunstgeschichte, Universität Leipzig), Tschaikowskistraße 12, 04105 Leipzig

Voppel, Götz, Dr. rer. pol., Prof. (Wirtschafts- und Sozialgeographie, Universität Köln), Neckarstraße 58, 51149 Köln

Zeitler, Rudolf, Dr. phil., Prof. em. (Kunstgeschichte, Universität Uppsala), Regngatan 16, S-75431 Uppsala/Schweden